





▼ *Ektar révèle  
un petit diable derrière un ange.*



*Mon neveu et la chorale du Collège St-François  
Mai 92 - Ektar 1000*



"Tu verras, il n'a pas changé..." me dit sa mère. Je craignais le pire. La dernière fois que j'avais vu mon neveu, il m'avait aspergé avec un pistolet. Et je ne pus croire qu'il fut parmi ces petits anges baignés d'une lumière divine, le Stabat Mater de Vivaldi à la main. Mais une fausse note dans cette harmonie parfaite vint trahir mon cher neveu : un geste précipité et un regard un peu trop espiègle. Dans ces conditions d'éclairage difficiles, le film haute définition Ektar 1000 de Kodak était parfaitement à son aise pour saisir la rapidité du mouvement. Avec sa sensibilité et sa finesse de grain exceptionnelles, j'étais tranquille, le diable était dans la boîte."





## Virtus realitatis

Dans sa *Théorie de la vision*, l'évêque-philosophe Berkeley démontrait brillamment, au siècle des Lumières, que nos sens ne nous permettent pas de prouver l'existence de ce que nous voyons. Lénine et d'autres se moqueront de cette thèse, déjà évoquée par les Grecs. Mais ni l'électromagnétisme, ni la physique quantique ne permettront d'en venir à bout. Heureusement pour les artistes, la réalité conserve donc le droit d'être un rêve. D'un point de vue pratique, elle l'est, à l'évidence : car entre la réalité vécue par un chien, un bébé, Madame Bovary, un soldat serbe, un astronome et Madame Soleil, quoi de commun ?

Reste que la nature nous a donné, à nous les mammifères rieurs, l'ambition d'ajouter du sens à la vie. Eveillés, nous rêvons d'une humanité toujours plus civilisée ; conquérante non plus vis-à-vis des autres espèces, comme le voulut jusqu'ici l'évolution, mais d'elle-même. Le progrès est une conséquence et un moyen de cet esprit de conquête.

Dans un tableau célèbre, Bruegel l'Ancien représenta en 1559 les 78 principaux jeux auxquels s'adonnaient alors les enfants brabançons. 78 jeux à l'évidence conviviaux. Deux seulement résultaient du progrès technique : les billes et le cerceau. Le ballon n'avait pas été inventé. Depuis, la restriction de l'espace ludique et le déclin de la tradition orale ont fait disparaître la plupart de ces jeux.

Après les consoles vidéo, la réalité virtuelle représente en la matière le sommet de ce que le progrès technique nous apporte : un jeu solitaire où l'enfant se trouvera entièrement coupé des autres, ses trois principaux sens enchaînés à une machine qui fera de son rêve une réalité. A surveiller de près !

**OLIVIER POSTEL-VINAY**  
Rédacteur en chef



A. Baumann



Publié par Excelsior Publications S.A.  
Capital social : 2 294 000 F – durée : 99 ans  
1, rue du Colonel-Pierre-Avia,  
75503 Paris Cedex 15  
Tél. : 1 46 48 48 48. Fax : 1 46 48 48 67  
Adresse télégraphique : Sienvie Paris  
Principaux associés :  
Jacques Dupuy, Yveline Dupuy,  
Paul Dupuy.

**DIRECTION, ADMINISTRATION.** Président-directeur général : Paul Dupuy. Directeur général : Jean-Pierre Beauvalet. Directeur général-adjoint : François Fahys. Directeur financier : Jacques Béhar. Directrice commerciale publicité : Patricia Brault. Directeur marketing et commercial : Francis Jaluzot. Directeur marketing et commercial-adjoint : Jean-Charles Guérault. Directeur des études : Roger Goldberger. Directeur de la fabrication : Pascal Remy.

**RÉDACTION.** Rédacteur en chef : Olivier Postel-Vinay, assisté de Catherine le Moal. Rédacteur en chef-adjoint : Gerald Messadié. Chef des informations, rédacteur en chef-adjoint : Jean-René Germain, assisté de Marie-Anne Guffroy. Rédacteur en chef-adjoint : Gérard Morice, assisté de Monique Vogt. Rédacteur en chef-adjoint : Jean-François Robredo. Rédacteur en chef édition : Elias Awad. Secrétaires de rédaction : Françoise Sergent, Nadine Raguet, Agnès Marillier. Rédacteurs : Renaud de La Taille, Alexandre Dorozynski, Pierre Rossion, Jacqueline Denis-Lempereur, Marie-Laure Moinet, Roger Bellone, Jean-Michel Bader, Didier Dubrana, Henri-Pierre Penel, Marc Mennessier, Isabelle Bourdial, Thierry Pilorge, Edouard Launet. Secrétaire : Paule Darconnat. Direction artistique : Josyane Challeton. Maquette : Lionel Crooson (premier maquettiste), Elisabeth de Garrigues, Houda Harfouche. Service photo : Anne Levy. Conception graphique : Jean Bayle & Associés. Correspondants : New York : Sheila Kraft, PO Box 1860, Hemlock Farms Hawley PA 18428-USA.

**RELATIONS EXTÉRIEURES.** Michèle Hilling, assistée de Guyline Brehin.

**SERVICES COMMERCIAUX.** Abonnements et marketing direct : Patrick-Alexandre Sarradeil. Vente au numéro : Pierre Bieuron, assisté de Pierre Wavrant. Téléphone vert : 05 43 42 08 (réservé aux dépositaires). Belgique A.M.P., 1 rue de la Pette-Isle, 10 70 Bruxelles.

**PUBLICITÉ.** Excelsior Publicité Interdico, 27 rue de Berri, 75008 Paris, tél. : 1 44 35 11 98. Directeur de la publicité : Richard Tzipine-Berger. Directrice de clientèle : Karine Parent.

**À NOS LECTEURS.** Courrier et renseignements : Monique Vogt, tél. : 1 46 48 48 66. Vente anciens numéros et reliures : Chantal Poirier, tél. : 1 46 48 47 18.

**ABONNEMENTS.** Relations abonnés : Service abonnements, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15, tél. : 1 46 48 47 08 (de 9 h à 12 h). Au Canada : Periodica Inc. - C.P. 444, Outremont-Québec, Canada H2V 4R6. En Suisse : Naville - Case postale 1211 - Genève 1 - Suisse.

**À NOS ABONNÉS.** Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changement d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 2,50 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec Science & Vie sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.

Copyright 1989 Science & Vie.

# SOMMAIRE

juin 1993  
n° 909

**Bonne nouvelle des étoiles :  
une supernova explose  
dans une galaxie proche. p.58**

## Physique

**Le piège se referme sur  
l'antimatière**

Daniel Tarnowski..... 48

## Astrophysique

**Une nouvelle étoile dans  
la Grande Ourse**

Jean-François Robredo..... 58

## Médecine

**Le virus du rhume,  
arme de la thérapie génique**

Pierre Rossion..... 62

## Génétique

**La nouvelle querelle du Gènethon**

Pierre Rossion..... 68

## Santé

**Mère alcoolique, enfant retardé mental**

Alexandre Dorozynski..... 73

## Biotechnologie

**La molécule qui trie les  
spermatozoïdes**

Marguerite Tiberti..... 76

## Informatique

**Les folies de la réalité virtuelle**

Edouard Launet..... 80

## Probabilités

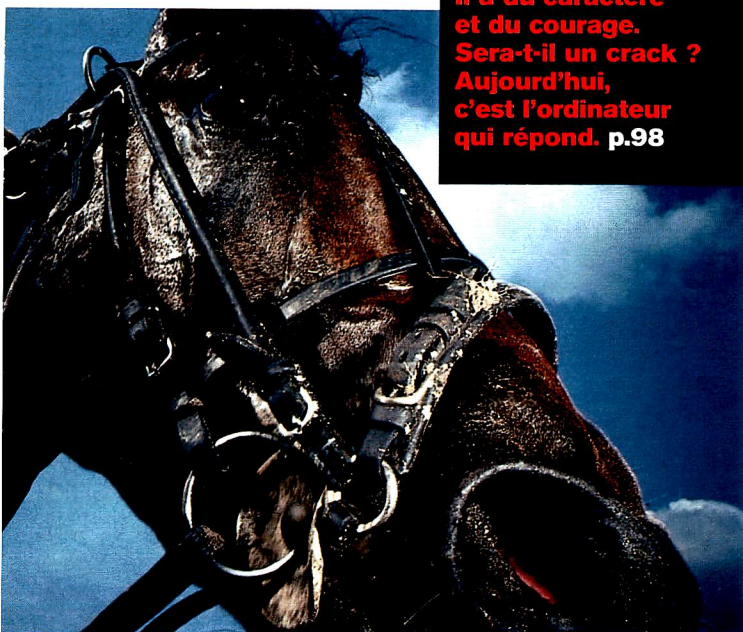
**Les vrais comptes du Loto**

Claude Bouzitat et Gil Page..... 90

Photos  
de couverture :  
P. Menzel/ Cosmos  
Skyvisual/Sipa

Encart abonnement jeté  
entre les pages 84 et 85.  
Diffusion France  
métropolitaine.





**Il a du caractère  
et du courage.  
Sera-t-il un crack ?  
Aujourd'hui,  
c'est l'ordinateur  
qui répond. p.98**



Alard/REA

**Thérapie génique contre  
maladie de Parkinson :  
un gène sain remplace  
le gène défectueux. p.62**

## Hippisme

### Des cracks sur mesure

Didier Dubrana ..... 98

## Consommation

### Pourquoi les fruits n'ont pas de goût

Marc Mennessier ..... 102

## Ecologie

### Alerte aux tortues de Floride !

Thierry Pilorge ..... 108

## Défense

### Le vaisseau fantôme de l'US Navy

Edouard Launet ..... 110

## Aviation

### La fin du pilotage aveugle

Pierre Cazenave ..... 112

## Nucléaire

### Que s'est-il passé à Tomsk-7 ?

Jacqueline Denis-Lempereur ..... 117

## Informatique

### Cette disquette en vaut quinze

Henri-Pierre Penel ..... 120

## Electronique

### Superpuces, superbluff

Edouard Launet ..... 122

## Photographie

### Qui a inventé la photo couleur ?

Roger Bellone ..... 125

## RUBRIQUES

Editorial ..... 1

Courrier ..... 6

Photo du mois ..... 24

Echos de la recherche  
dirigés par Gerald Messadié ..... 25

Echos de l'environnement  
dirigés par Jacqueline Denis-Lempereur  
et Didier Dubrana ..... 33

Echos de l'industrie  
dirigés par Edouard Launet ..... 41

Carrefour de l'innovation  
dirigé par Gérard Morice ..... 128

Comment ça marche  
Renaud de La Taille ..... 136

Electronique amusante  
Henri-Pierre Penel ..... 140

Informatique amusante  
Henri-Pierre Penel ..... 142

Biologie amusante  
Didier Pol ..... 144

Journal de l'astronome  
Yves Delaye ..... 148

Jeux & paradoxes  
Pierre Berloquin ..... 152

Photo Vidéo Son  
Roger Bellone et Paule Sully ..... 154

Les objets du mois  
Bruno Jacquot ..... 156

Livres ..... 159

Science & Vie, il y a ..... 166

Agenda ..... 168



# NOUVELLE TIPO. LA SECURITE A UN NOUVEAU PROFIL.



Nouveau dispositif de freinage  
ABS BOSCH à 4 capteurs

Sur la route, on peut être sûr de soi, jamais des autres. La sécurité sera donc toujours un élément primordial dans le choix d'un véhicule. Avec la nouvelle Tipo, les ingénieurs de Fiat ont repensé entièrement les approches de sécurité passive et active: en cas



Colonne de direction  
avec volant et moyeu à  
absorption d'énergie

de choc important, les matériaux résistants, les nouveaux renforts latéraux et frontaux et la structure de la coque à déformation programmée permettent à l'habitacle de rester intact. Pendant ce temps, l'Euro-Bag conducteur\* (1) se gonfle (en 50 millièmes de seconde!),



Euro-Bag et prétension-  
neurs de ceintures  
de sécurité avant

les prétensionneurs\* de ceintures avant reculent la boucle de 7 à 9 cm, en plaquant le conducteur et le passager contre leur dossier. Résultat, les risques d'accidents corporels sont considérablement réduits. Bien sûr, mieux vaut prévenir que guérir: l'adhérence est en tou-

\* Equipements disponibles en option sur la quasi-totalité des versions. \* (1) coussin de sécurité gonflable de 42 litres.



Barres de renfort en acier  
intégrées dans les portes

tes circonstances irréprochable avec les suspensions de type McPherson et le système de freinage ABS\*, la conduite s'effectue dans les meilleures conditions de confort: l'habitabilité et la luminosité de cette berline sont exceptionnelles; elle est équipée de lève-vitres



Structure à déformation  
programmée

électriques à l'avant, de la direction assistée et d'une fermeture centralisée des portes et du hayon (en série à partir de la finition S). Bref, dans la nouvelle Tipo, le confort a été mis en sécurité. Et comme pour marquer l'événement, la nouvelle Tipo arbore fièrement,

en 3 ou 5 portes, une nouvelle ligne encore plus jeune, encore plus sportive. Une ligne qui donne un nouveau profil à la sécurité. Fiat Crédit France finance votre Fiat. Pour tous renseignements: 3615 Fiat. Nouvelle Fiat Tipo à partir de **65 400 F.** Modèle présenté Tipo 1.8 i.e. GT 3 p.: 91 400 F. Prix tarif au 22/04/93 A.M. 93.

**IL Y A UNE FIAT DANS MA VIE. FIAT**



## Pasteur en question

**M. G.R., de Dax, estime que le compte rendu du livre de Louise L. Lambrichs, la Vérité médicale,** paru dans notre n° 907, «ne nous apprend pas grand-chose, si ce n'est l'épisode de Mougins. Il n'est pas fait mention des travaux de Pierre-Henri Duboué qui, en 1879, écrivait : "L'agent producteur de la rage [...] se propage insensiblement le long des fibres nerveuses qui ont été atteintes par le liquide virulent." Duboué s'appuyait sur les nombreuses observations effectuées au cours des années précédentes, qui lui avaient permis de déterminer et de mettre en évidence la différence des temps d'incubation en fonction de la localisation de la morsure (pied, visage) et de la taille de l'individu (nourrisson ou adulte). Pasteur, qui croyait toujours en la propagation par voie sanguine en janvier 1881, revint sur son analyse après avoir eu communication de l'ouvrage de Duboué, et affirma en mai 1881 qu'il avait découvert la théorie nerveuse de la propagation du virus de la rage.»

Ce correspondant est bien sévère à l'égard de Louise Lambrichs, qui cite scrupuleusement ses sources, dont les Vérités indésirables, de Philippe Decourt. Par ailleurs, s'il est exact que Pasteur a utilisé – parfois sans la rigueur désirable – les travaux d'autres chercheurs, on peut difficilement lui reprocher d'avoir cru à la transmission par voie sanguine, étant donné qu'à son époque on ne

connaissait de cas de rage que transmis par morsure ou excoriation. Ce correspondant nous adresse un mémoire d'un autre auteur, qui désigne comme précurseur d'on ne sait exactement quoi la notion d'orgone de Wilhelm Reich, présenté comme médecin, biologiste et philosophe, auteur de la Biopathie du cancer. Il se trouve que l'orgone est une fiction dénuée de sens et que l'ouvrage de Reich en question est un des plus effarants parmi les effarants : l'auteur prétend en effet avoir découvert le "bacille du cancer", qu'il appelle "bacille T", initiale du mot allemand *Todt* (mort), et dont il présente même des macrophotos...

## Sida, "correction politique" et préjugés

**«Je reste perplexe devant le commentaire de la page 6 de votre "Courrier" de mars 93 : "Il restera un jour à déterminer dans quelle mesure la lenteur déconcertante des pouvoirs publics n'a pas été aggravée par le sentiment, plus moins obscur, que c'était une maladie présumée homosexuelle et qu'il n'y avait donc pas lieu de courir trop vite au secours d'une minorité réprouvée." Ce commentaire, cette supposition, je ne puis m'empêcher de les trouver obscurs !»** écrit M. C.B., de La Haye. «On dirait presque que "Science & Vie" s'adonne à la psychanalyse...»

L'étude de motivations secrètes ne ressortit pas à la psychanalyse, mais à la psy-

chologie. Cela étant, près de cinq ans après que le Center for Disease Control (CDC) d'Atlanta eut identifié l'épidémie d'une mystérieuse maladie parmi les homosexuels, le Pr Robert Gallo se plaignait à des journalistes américains que la recherche restât insuffisante, et le gouverneur Lester Maddox déclarait publiquement qu'il préférerait mourir du cancer que du sida, «parce que c'est plus digne». Cela prouve bien ce que nous écrivions : retard incompréhensible dans la recherche et préjugé particulier à l'égard du sida.

Le préjugé contre les malades du sida faisait recette dans les années quatre-vingts, comme en témoignent des expressions telles que *cancer gay*, ou les quolibets de certains hommes politiques français. Le cas des transfusés et des hémophiles ne s'étant alors pas posé, et celui des hétérosexuels contaminés étant ou paraissant infime, on brocarda les malades dans des termes parfois étonnants. Nous avons reçu jusqu'à la fin de cette décennie des lettres s'indignant que nous ne recommandions pas le tatouage des homosexuels, comme dans les camps nazis.

La maladie fut considérée comme honteuse, à tel point qu'elle servit la rumeur, aussi sottise que cruelle, voulant qu'une actrice célèbre en fût victime, alors qu'elle ne l'était pas. Cela n'a, hélas, rien d'obscur.

Ce lecteur cite, comme étant en opposition avec nos informations, un article intitulé "La fin des années sida ?" (dont il omet d'ailleurs de reproduire le point d'interrogation), paru dans les pages de

*Science & Vie hors série*, publication dont l'équipe et le style (et parfois les points de vue) sont d'ailleurs entièrement indépendants de ceux du mensuel. Cet article ne contredit en rien ce que nous disions : il émet l'opinion que le risque du sida pourrait inciter les gens à redonner au sentiment amoureux une place qui lui avait été disputée par une sexualité sans freins. Les années sida ne sont hélas pas terminées. Et un retard a bien été pris.

## Une statue pour W. H. Ashby et un prototype de l'homéozappostat

**Séduit par notre article "Le chaos au boulot"** et le projet de fonder une association Ashby, M. J.-M. C., de Vénissieux, nous félicite : «Je suis un fervent adepte de la pensée scientifique de W.H. Ashby, que je considère comme l'égal du grand Hégésippe Simon... Je tiens à vous dire que votre idée de créer une association emporte ma sympathie.

Mais cette lettre est desti-



née à vous soumettre un problème. J'ai conçu et réalisé un prototype d'appareil que j'appelle l'"homéozappostat", ►

# CHOISISSEZ VOS VUARNET.



4 0 8 5



4 0 0 2



4 0 8 8



2 4 3 8



4 0 9 3



2 4 0 1



2 0 7 2



2 0 9 2



3 0 6 0



3 0 7 0



4 0 0 7



4 0 3 9



3 0 9 0



2 0 0 6



4 0 8 4



LUNETTES VUARNET. *Le soleil jusqu'au bout.*

POUILLOUX PARIS 



*suite de la page 6*

du grec *homeo* (semblable) et *statos* (qui se tient), et de l'américain *zap* (zapper). Comme son nom l'indique, du moins je l'espère, cet appareil est destiné à la télévision. Le choix des chaînes regardées, ainsi que le moment de leur changement, est défini par un système à détermination chaotique. Sans entrer dans le détail, je dirai seulement que ce choix s'effectue en fonction des vibrations enregistrées sur les carreaux d'une fenêtre, elles-mêmes causées par le bruit des véhicules passant dans la rue...

Le reste de la lettre et la description du mode d'emploi de l'original zappeur de notre correspondant manifeste le même esprit pince-sans-rire. Au problème que se pose ce lecteur, à savoir comment éviter de zapper sur Canal + car il n'y est pas abonné, la réponse nous paraît simple : s'y abonner.

Le principe de l'appareil décrit, lequel enrichit la gamme, déjà intéressante, des appareils chaotiques, semble le réserver à un public particulièrement blasé par les programmes de télé. Il peut advenir, en effet, qu'il y ait des programmes de qualité, et le zapping intempestif deviendrait alors agaçant.

Cela étant, le projet d'association Ashby, ainsi nommée en hommage à ce théoricien dont nous avons parlé plusieurs fois dans nos pages, consiste à publier des cahiers périodiques et – si les fonds nécessaires étaient réunis – à lui élever une "statue aléatoire" : réalisée en matériaux à mémoire, elle changerait de forme selon la température...

## Ecologie et idéologie

**M. Hugues Stockel, conseiller de la région Alsace** (nous citons son nom puisqu'il s'adresse à nous en qualité), nous écrit :

"Permettez que je revienne sur un ouvrage – et une idée fort déplaisante – que *"Science & Vie"* et ses lecteurs ont évoqués à plusieurs reprises dans leurs colonnes.

«Le livre de Luc Ferry, *"Le Nouvel Ordre écologique"*, bien que manifestement de parti-pris, a réussi à ébranler bien des gens en recourant systématiquement à des amalgames en apparence perti-



nents, mais qui ne résistent pas à un minimum d'analyse. Ferry rappelle, par exemple, que le III<sup>e</sup> Reich a été le premier Etat au monde à légiférer sur la protection de la nature et des animaux. De là à induire qu'il existe une parenté idéologique entre les nazis d'hier et les écologistes d'aujourd'hui, il y a un pas que l'auteur n'hésite pas à suggérer au lecteur de franchir...

Mais pourquoi ne pas étendre ce raisonnement à d'autres domaines ? L'Allemagne hitlérienne a aussi été l'inventeur et le promoteur du concept d'autoroute :

*pourquoi Luc Ferry n'en déduit-il pas qu'aujourd'hui les partisans de l'autoroute, qui ne sont pas vraiment des écologistes, ont des motivations suspectes et sont des crypto-nazis ?* »

Précisons que nous avons présenté le livre de Ferry parce qu'il contient, en effet, des rappels intéressants et peu connus sur les origines de l'écologie. Cela dit, il existe une très grande différence entre les lois du III<sup>e</sup> Reich sur la protection de la nature et la construction d'autoroutes : les lois reflètent en effet une idéologie et une philosophie. Elles prolongent toute la philosophie des penseurs du III<sup>e</sup> Reich, tels que Martin Heidegger, qui condamnaient le "saccage" par la technologie de la nature en général et de la nature humaine en particulier. Ces penseurs prônaient la protection d'un *statu quo* antique, d'ailleurs très hypothétique, la nature ayant commencé à être modifiée, et parfois de façon durable, par la présence humaine dès les origines de l'humanité. La protection quasi religieuse du sol et de la "race" allemande contre les technologies décollait de ce concept.

Il est permis de penser qu'une réflexion sur les similitudes que présentent cette idéologie et certains courants contemporains, qui accusent justement la technologie d'être destructrice, serait féconde. Luc Ferry n'entend nullement identifier ou inviter à identifier l'écologie au national-socialisme. Bien au contraire, son rappel est une mise en garde contre certaines dérives conduisant à la condamnation de toutes les technologies au bénéfice d'une

"religion" de la nature. Nous avons ainsi lu et entendu dire à plus d'une reprise que la médecine est superflue, que les vaccins sont mortels ou, au mieux, inutiles, que l'agriculture industrielle est une calamité, que la voiture est un désastre, etc.

Notre correspondant rappelle pour conclure que les écologistes ont pris des positions très nettes contre les résurgences nazies : *"Je parle bien entendu des vrais écologistes, ceux de la première heure, et pas de ces "nouveaux écologistes" qui se présentent incognito aux élections et qui réduisent l'écologie au seul amour, au demeurant bien hypothétique, des animaux et de la nature."*

Ce lecteur ne nous dit pas comment distinguer un "vrai écologiste" d'un "faux". Au demeurant, il nous paraît un peu rapide de critiquer l'amour des animaux et de la nature, qui est le plus souvent sincère.

## Enervement prématuré

**«Il faut que je m'énervé ! s'écrit Mme C.S., de Belfort. Encore une fois, on nous dit que Christophe Colomb n'était pas le premier ("Science & Vie" n° 905, p. 17), mais encore une fois, on se trompe de véritable premier (si on peut d'ailleurs parler de premier). Leif Ericsson, Brendan, d'accord, sans doute, mais les Africains, alors ? Vous êtes-vous jamais penchés sur le problème ? Il semble que ce soient toujours des Européens qui "découvrent" tout. Je crois surtout que certains Européens font preuve d'une**

CONSTITUER UN CAPITAL À VOTRE RYTHME.



*Qui n'a pas en tête un projet plus ou moins secret, avec l'envie de le réaliser un jour ? Alors voici Projectis. Ce simple nom, et vos projets commencent à prendre vie ! Vous voyez déjà les fondations de votre maison... Vous êtes presque déjà parti en voyage... Vos enfants sont sur le point de s'installer...*

*Il suffit simplement de savoir combien il vous faut et quand vous en avez besoin, pour que nous, Sogécap, nous vous aidions à épargner à votre rythme ce capital nécessaire. Pendant toute la durée de votre épargne, nous gardons à l'esprit votre objectif. Nous faisons un point tous les ans, entre l'argent mis de côté, et le chemin qui reste à faire. Et vous êtes parfaitement libre de modifier vos versements à la baisse ou à la hausse (personne n'est à l'abri !).*

*Comme si cela n'était pas suffisant, Projectis valorise votre épargne à un taux minimum garanti, auquel s'ajoute une participation à nos bénéfices. En plus, vous profitez de tous les avantages fiscaux liés aux formules d'épargne "assurance-vie". Si vous le souhaitez, vous pouvez aussi souscrire une assurance-décès qui garantit à tout moment le versement du capital final à la personne de votre choix.*

*Alors rencontrons-nous dans l'une des agences Société Générale : nous vous aiderons à donner vie à vos projets.*

*Sogécap est la filiale d'assurance-vie et de capitalisation du groupe Société Générale.*



CONJUGUONS NOS TALENTS.



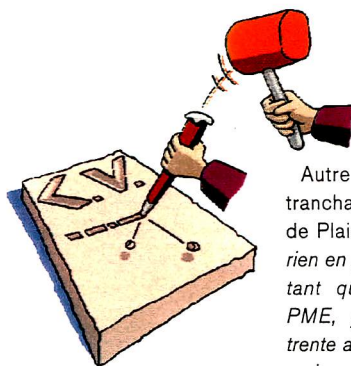
suite de la page 8

arrogance incroyable, souvent sous couvert de "vérité scientifique". Pour illustrer ce que je viens de vous dire, je vous invite à lire l'ouvrage d'Ivan van Sertima, *"The African Presence in Ancient America : They Came before Columbus"*."

Cette lectrice s'est énervée un peu vite : l'hypothèse de Sertima ne nous est pas du tout inconnue (notre collaborateur Gerald Messadié y fait allusion dans son étude historique et ethnologique, *Histoire générale du Diable*) et nous avons consacré un long article à ce sujet dans notre n° 772, p. 84-85, "Les Africains ont-ils colonisé le Mexique avant Colomb ?". D'autre part, les Africains, plus précisément les navigateurs de l'empire du Mali, seraient arrivés très tard au Nouveau-Monde : au XIV<sup>e</sup> siècle, bien après Brendan et Ericsson. On a même quelque raison de croire que les Phéniciens auraient précédé Brendan. Mais ce genre d'hypothèse n'ayant hélas pas reçu l'audience souhaitée des milieux académiques, on néglige encore les influences culturelles considérables qui ont pu s'exercer sur les Amériques bien avant l'arrivée de Colomb.

## Graphologie : des arguments à double tranchant

**Après nous avoir tancés d'importance au sujet de notre article sur la graphologie** (*Science & Vie* n° 906, p. 66), M. Y.D., psychologue à Saint-Léger-sur-Dheune, souligne la faiblesse des vérifications statistiques de cette pratique :



*"La magie des chiffres et la sécurité trompeuse qu'ils peuvent donner en sciences humaines ne doivent pas faire oublier qu'on traite de l'humain et que les chiffres ne sont pas tout !"*

Nous surprendrons sans doute ce correspondant en lui déclarant que nous sommes entièrement d'accord avec lui : comme il s'agit de l'humain, il est injuste d'accorder ou de refuser l'embauche à un candidat sur la base d'une analyse de son écriture. L'argument qu'utilise ce lecteur est donc à double tranchant.

## La graphologie : toujours en procès (suite)

**La Commission nationale d'homologation des titres et diplômes du ministère du Travail** vient de se prononcer pour la suppression de l'homologation accordée depuis 1978 au diplôme du Groupement des graphologues-conseils de France (GGCF). Motif : les 35 membres de ladite commission ont jugé, à une large majorité, que les bases scientifiques et techniques de la graphologie, utilisée par plus de 90 % des entreprises françaises comme instrument de sélection des candidats à l'embauche, ne sont pas établies. C'était la conclusion de notre article "La graphologie en procès" (n° 906, p. 66) ! A l'heure où nous mettons sous presse, le dossier était entre les mains du nouveau ministre du Travail, M. Michel Giraud, à qui il revient de confirmer ou non le vote de la Commission. Nous tiendrons nos lecteurs informés de sa décision dès que nous en aurons connaissance.

Notre enquête sur la graphologie a par ailleurs suscité un courrier d'une abondance exceptionnelle et il nous est malheureusement impossible de rendre compte, dans ces colonnes, du contenu de chacune de ces lettres.

Nous rappelons toutefois que de larges extraits représentatifs des différentes opinions exprimées ont été publiés dans notre numéro de mai.

M. M.

Autre argument à double tranchant donné par M. G., de Plaisir : *"Je ne connais rien en graphologie, mais en tant que directeur d'une PME, j'y recours depuis trente ans. Les gens comme moi ne sont absolument pas représentés dans votre article [...] Je puis vous assurer que les services que nous demandons aux graphologues ne peuvent en aucun cas aggraver la situation de chômage des candidats ; si c'était le cas, je voudrais qu'on me dise comment. Car ce ne sont jamais les graphologues qui décident des recrutements, cela devrait être clair pour tout le monde."*

Si les services des graphologues ne servent à rien, pourquoi faire appel à eux ? Par ailleurs, il est bien évident que les graphologues ne sont pas

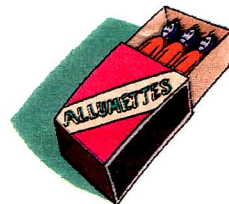
les recruteurs (variante du vieux mot d'ordre "les cas-seurs seront les payeurs"), mais ils doivent bien influencer le choix de ces derniers. Ce qui confirme notre propos.

## "Combustions spontanées", foin et légendes tenaces

**Après nous avoir adressé maints éloges, M. J.M.G., de Montpellier, écrit :** *"Je suis quelque peu surpris que 'Science & Vie' ne se soit guère intéressé jusqu'ici à un phénomène particulièrement insolite et déroutant : les combustions spontanées. Il a souvent été question de la foudre en boule, qui intéresse les scientifiques, mais jamais de ce phénomène-là."*

*"C'est moins l'étonnement que la curiosité et, je l'avoue, l'angoisse, qui me poussent à vous interroger"*, conclut ce lecteur, qui se définit comme *"amateur de parapsychologie"*.

Nous n'avons pas consacré d'article à la "combustion



spontanée" parce que la littérature à ce sujet ne résiste pas à l'analyse. En principe, il s'agirait de cas de personnes dont le corps s'enflammerait spontanément et qui y trouveraient éventuellement la mort. Les cas décrits à l'appui sont excessivement rares et mal documentés.

En tout état de cause, les arguments exposés sont in-



## POUR VIVRE CHAQUE INSTANT DE VOTRE VIE AVEC SÉRÉNITÉ

Aujourd'hui, beaucoup de personnes de plus de 40 ans n'ont pas l'esprit tranquille. Elles sont préoccupées par les soucis que leur disparition causera à leurs proches. La *Convention Obsèques* vous permet de régler les problèmes matériels qui vous tiennent à cœur et profiter au maximum des joies de la famille.

**La *Convention Obsèques* est un contrat d'assurance-vie et d'assistance réservé aux personnes âgées de 40 à 84 ans.**

### Un capital versé en 48 heures

Libre choix du capital (entre 5 000 et 50 000 F).  
Libre choix du bénéficiaire.  
Cotisation fixe qui n'augmentera jamais.  
Réduction d'impôts.  
Exonération totale des droits de succession.  
Capital assuré pour votre vie entière.

Votre âge actuel					
de 40 à 59 ans	de 60 à 64 ans	de 65 à 69 ans	de 70 à 74 ans	de 75 à 79 ans	de 80 à 84 ans
Mensualité pour une unité de garantie de 5 000 F					
20 F	33 F	41 F	54 F	71 F	95 F

### Une assistance pour vos proches

Transport du corps sur longue distance.  
Service de conseil pour l'accomplissement de toutes les formalités liées au décès : organisation des obsèques, déclaration de succession...

**2 raisons pour répondre  
avant le 30 JUIN 1993.**

**40 000 F de protection à  
nos frais pendant un mois.**  
Un guide de 32 pages offert  
par *Norwich Union*: «Le décès  
et l'avenir des proches».

NORWICH UNION - Société d'Assurance  
Mutuelle sur la Vie.  
Siège spécial pour la  
France: 36, rue de  
Châteaudun - 75441  
PARIS Cedex 09.

GESA ASSISTANCE -  
Compagnie Intern. d'As-  
surances et de Réassurances. 18/24, rue Troyon - 92310  
SEVRES. Entreprises régies par le Code des Assurances.



**N°Vert 05 05 36 36**

APPEL GRATUIT

## DEMANDE DE DOCUMENTATION sans engagement

à retourner sous enveloppe non affranchie à  
**NORWICH UNION - Service Direct**

**Libre réponse n° 4675 - 75319 PARIS Cedex 09.**

**OUI**, je souhaite recevoir pour étude la *Convention Obsèques sans engagement de ma part*. J'ai bien noté que je disposerai d'un mois pour prendre une décision définitive et choisir le capital à assurer.

M. ☐ Mme ☐ Mlle ☐ Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_ Né(e) le [ ] [ ] [ ] [ ] 19 [ ] [ ]

Adresse : N° \_\_\_\_\_ Rue \_\_\_\_\_

Tél. [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]

Code postal [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] Ville \_\_\_\_\_

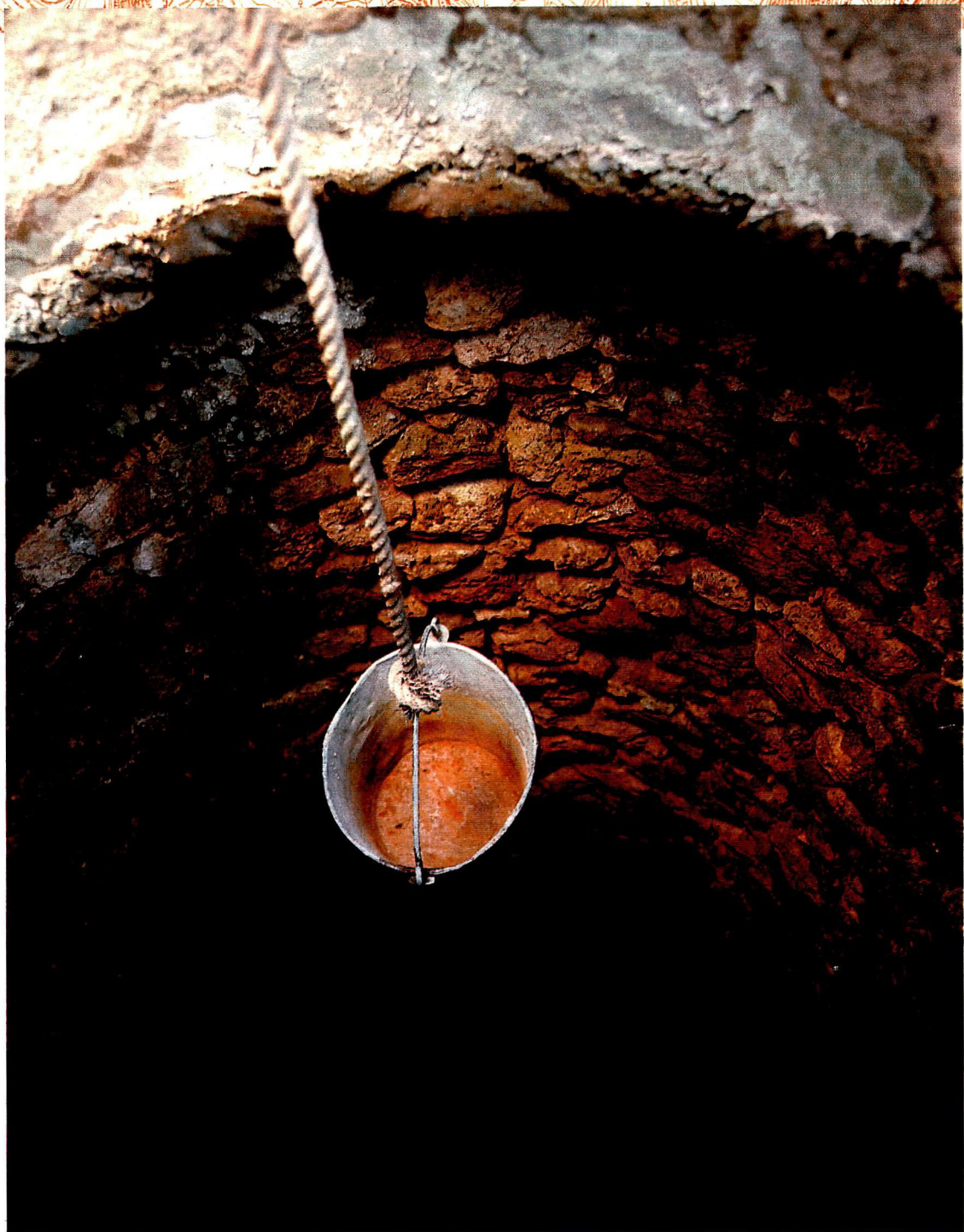
Voici les coordonnées de mon conjoint qui souhaite également être protégé :

M. ☐ Mme ☐ Mlle ☐ Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_ Né(e) le [ ] [ ] [ ] [ ] 19 [ ] [ ]

Conformément à la loi Informatique et Liberté, je dispose d'un droit d'accès et de rectification pour toute information me concernant sur votre fichier Clientèle.





**Jusqu'ici, chercher une bouteille d'eau dans son sac à dos  
relevait de la spéléologie...logie!...logie!...logie!...**





Ça commence toujours comme ça: une nuit douce et pleine d'étoiles, puis un petit matin frais, clair et lumineux. C'est là qu'on décide de partir. Alors on enfle ses chaussures de marche, on charge son appareil photo et on remplit son sac à dos.

Et puis on part enfin. 2 km, 3 km... il est encore très tôt mais déjà le soleil taquine le regard. 4 km, 5 km... bien sûr, on finit par avoir soif. Alors on s'arrête, on enlève son sac à dos et on commence à rechercher sa bouteille. Et le bras s'enfonce au milieu des pellicules, des sandwiches ou du pull en pure laine. On cherche, on remue, on s'agite. C'est là qu'on regrette de ne pas avoir un sac à dos Décathlon. Parce que le sac à dos Décathlon Cheyenne est équipé de poches latérales grande contenance (4 litres). Désormais, prendre une bouteille ne vous donne plus l'impression de chercher de l'eau au fond d'un puits. Et grâce au système d'ouverture facilitée, toute contorsion est maintenant inutile pour étancher sa soif.

Avec ses 2 sangles élastiques sur le rabat permettant d'insérer un matelas ou un vêtement encombrant, le sac Cheyenne a été conçu pour vous faciliter la randonnée. Il vous la rendra aussi plus confortable: le dos mousse, la ceinture de hanches, les bretelles anatomiques ou le renfort en appui lombaire font du Cheyenne un sac à dos particulièrement agréable à porter.



**Cheyenne 40 l., 199 F**  
Sac à dos pour petite randonnée

Chez Décathlon, nous savons que certains randonneurs n'ont besoin d'emporter que l'essentiel, tandis que d'autres ont envie d'un peu plus. Alors nous avons imaginé les baguettes amovibles qui rigidifient le dos de votre sac, pour une meilleure répartition de la charge. Même à moitié plein, votre sac reste plat et ne ressemble pas à une boule avachie aussi désagréable pour l'œil que pour le dos. Et pour fermer le tout avec facilité, le Cheyenne possède un serre cordon et une boucle à ouverture rapide.



Tout aussi malin, le tissu extérieur en polyamide est enduit de polyuréthane pour une plus grande imperméabilité. Comme ça, votre pull en pure laine restera bien au sec. Vos papiers aussi d'ailleurs grâce à la poche intérieure sous le rabat. Pratique, le sac Cheyenne se nettoie simplement à l'eau et au savon. Fond doublé PVC, œillet et coutures renforcés, le Cheyenne 40 l. est aussi un sac robuste, testé et retesté sous toutes les latitudes. C'est bien le minimum pour vous proposer un sac aussi pratique et fonctionnel au prix surprenant de 199 F. Le Cheyenne 40 l. est disponible en 4 coloris.

C'est si bon de boire quand on a soif... soif... Les sacs à dos Décathlon, c'est aussi 13 modèles de la marche à la grande randonnée de 69 F à 770 F.

#### SACS A DOS

**DECATHLON**  
A FOND LA FORME



suite de la page 10

soutenables : pour qu'il y ait combustion d'un corps sans cause externe, il faudrait que se développe à l'intérieur de ce corps une température supérieure à 100 °C. Or, une telle virtualité est exclue; du fait que cet échauffement ne pourrait être localisé et que, s'étendant à tout le corps – du fait de la circulation sanguine –, il entraînerait la mort immédiate par ébullition des liquides corporels et arrêt du cerveau. Donc, l'arrêt des processus vitaux et un refroidissement rapide.

A en croire les élucubrations de certains, la cause de cet échauffement serait endogène, donc biologique. Or, il n'existe aucun élément qui permette d'avancer que la température corporelle pourrait atteindre et dépasser le point de combustion. Quand on sait le temps que mettent les incinérateurs à consumer un cadavre, on ne peut que hausser les épaules devant les histoires de "combustion spontanée". Il nous revient que ce mythe a été inspiré à certains par le cas des meules de foin, qui, elles, s'enflamment bien spontanément, par suite d'une fermentation bactérienne intense. Mais il s'agit de foin, et nous ne sommes pas en foin.

## Sida et dépistage

**Nous avons reçu à la fois un appel téléphonique et un courrier volumineux**

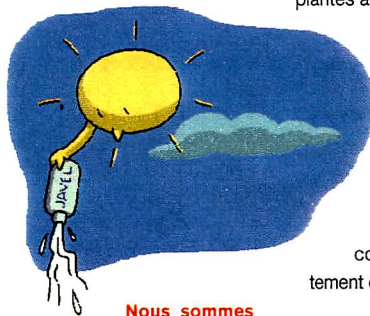
d'un lecteur qui mène une action publique intense – et médiatiquement remarquable – en fa-

veur de la prévention du sida. Il s'agit de M. Franck Méssegué, dont nous citons le nom parce qu'il a entrepris devant le Parlement européen à Strasbourg une grève de la faim pour attirer l'attention des autorités sur la nécessité de ce qu'il appelle «le dépistage systématique». Le sujet est, en effet, très important. 94 % des Français seraient favorables à ce dépistage, mais 8 % seulement l'ont pratiqué. Assez largement diffusées dans la région parisienne, les informations sur le mode de ce dépistage le seraient beaucoup moins en province.

Rappelons donc que tout Français peut demander à son médecin un test, dont les résultats ne seront communiqués qu'à lui et son médecin, selon les exigences du secret professionnel. Toutefois, deux observations semblent s'imposer. La première est le malentendu qui peut se glisser dans l'expression "dépistage systématique", le terme "systématique" laissant entendre qu'il serait obligatoire, ce qui n'est pas le cas. En effet, s'il ne s'agit que d'une initiative personnelle, il est inutile d'utiliser ce terme. La seconde observation est qu'il convient de tenir compte du rôle du médecin, qui peut revêtir une importance particulière en cas de résultats positifs chez un client dépressif. Cela étant, il semble, en ef-

fet, souhaitable que les personnes sexuellement actives et non stabilisées affectivement recourent à des vérifications de leur séronégativité, pour ne pas risquer de contaminer qui que ce soit.

## La Lune et le linge



**Nous sommes  
lus aux antipodes !**

M. A.W., de Millaa Milaa, en Australie, nous écrit à propos de notre encadré "La lune lave plus blanc" (n° 907, p. 52) : *"Le linge n'était pas mis au gazon pour sécher, mais pour blanchir ; il n'y était pas mis la nuit, mais le jour... en espérant un beau soleil ! L'arrosage du linge développait un surcroît d'ozone entre linge et sol. Enfin, seul le linge blanc, comme draps de lit et grandes nappes, était soumis à ce blanchissage par l'ozone."*

## La Lune et l'agriculture

**"J'aurais été heureux qu'un sujet de la Lune et de ses influences,"** écrit M. J.M.R., conseiller agricole retraité à Tocane, un spécialiste écrive ce qu'il pense et constate [l'inéptie] de ce que certains appellent le "calendrier astral"

des travaux agricoles. Un nombre important de gens sont bernés par ces calendriers mythiques. Dans ma profession, je n'ai jamais pu trouver de preuves de l'efficacité d'une telle pratique, et pourtant ses partisans sont de plus en plus nombreux ..."

Certains travaux anciens indiquent que les taux d'absorption de l'oxygène par certaines plantes augmentent à la nouvelle Lune, par exemple. Mais il s'agit là, sans doute, d'effets trop faibles pour influencer réellement l'exploitation agricole, comme l'observe justement ce correspondant.

## La Lune et le sexe

**Formée dans un laboratoire d'analyses médicales,** et mère de trois enfants, Mme. A.-M.P., de Paris, écrit : *"Savez-vous s'il y a eu des études sur le sexe des enfants et la phase de la Lune au moment de la naissance ? Dans nos campagnes, certaines personnes essaient de deviner le sexe d'un enfant à venir selon la phase de la Lune à la naissance."* C'est le même point qu'évoque Mme T., de Gennevilliers : *"Observations payannes : les anciens du début du siècle disaient que lorsque la Lune changeait dans les trois jours qui suivent une naissance, le sexe de l'enfant changeait."*

Le sexe de l'enfant est déterminé dès la conception : il ne peut en aucun cas être modifié par la suite, sauf anoma-



D'après nos études,  
il y a trois raisons pour lesquelles  
vous n'avez pas encore acheté  
un Macintosh.

1. Macintosh n'est pas compatible.
2. Macintosh est un ordinateur pour graphistes.
3. Macintosh est cher.

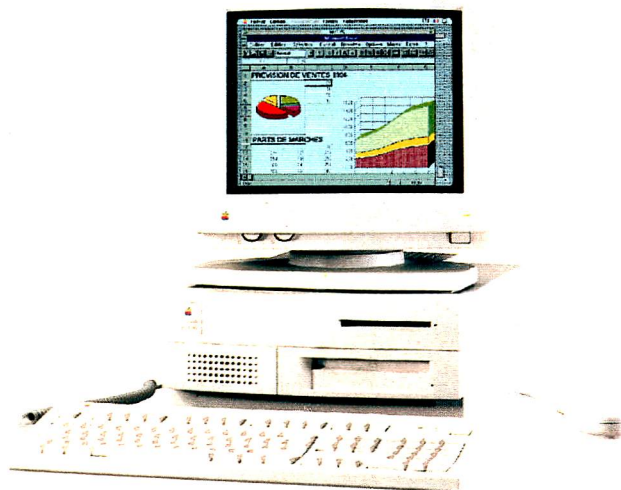
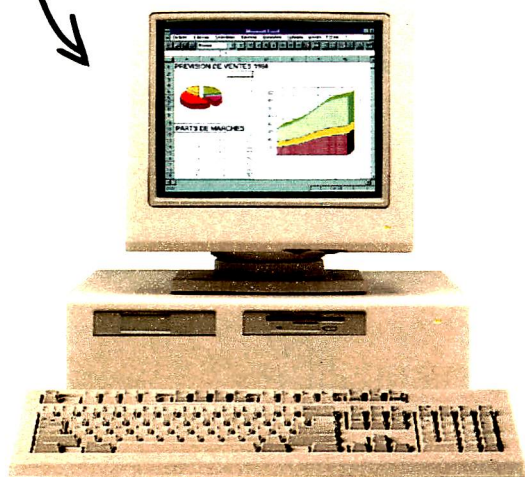


Apple



Macintosh se met  
facilement en réseau  
avec un PC

le lecteur Apple  
Super Drive lit les  
disquettes MS-DOS



Macintosh Centris 650

Avec SoftPC, Macintosh utilise  
des applications MS-DOS.

Tous les Macintosh communiquent avec les PC parce qu'ils peuvent réutiliser des documents créés sur d'autres ordinateurs. Avec l'utilitaire Echange PC/Macintosh, il est très facile d'échanger des fichiers sur disquettes entre un PC et un Macintosh.

Parce qu'un Macintosh s'intègre dans tous les types de réseaux, vous pouvez partager des données émanant de matériels différents.

Et si vous utilisez en plus le logiciel SoftPC, vous pourrez même travailler avec des programmes MS-DOS sur votre Macintosh.

Ainsi la simplicité et la flexibilité d'un Macintosh vous permettront d'augmenter votre productivité sans sacrifier le travail et les sommes investies dans vos PC.

En bref, Macintosh est compatible avec le monde PC.

D'après nos études,  
il y a ~~trois~~ raisons pour lesquelles  
vous n'avez pas encore acheté  
un Macintosh.

deux

1. ~~Macintosh n'est pas compatible.~~

2. Macintosh est un ordinateur pour graphistes.

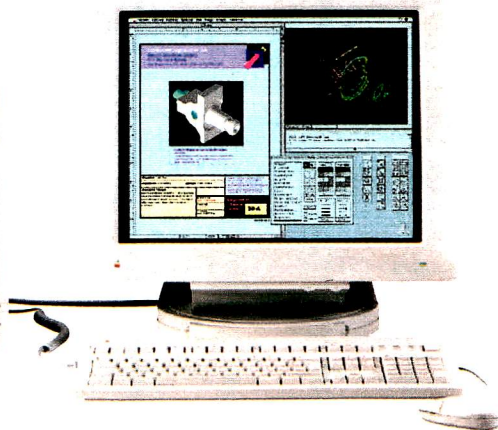
3. Macintosh est cher.



- Processeur 68040 à 33 MHz
- Architecture 32 bits
- Mémoire vive extensible à 136 Mo.



Macintosh Centris 610



Macintosh Quadra 800

Macintosh est bien sûr l'outil des professionnels mais c'est aussi et surtout une gamme d'ordinateurs performants et polyvalents.

Parmi les 5 000 logiciels disponibles sur Macintosh, il en existera toujours un qui répondra à vos exigences. Prenez tous les programmes et logiciels les plus puissants sur le marché (par exemple : Lotus 1-2-3, WordPerfect et PageMaker) et faites les fonctionner sur Macintosh : ils seront toujours aussi performants tout en étant très simples à utiliser.

Vous avez besoin de grandes capacités de calcul ? Choisissez Macintosh Quadra qui vous apporte les hautes performances du processeur 68040 à 33 MHz.

Vous cherchez une performance de tous les instants ? Où que vous soyez, Macintosh PowerBook vous fait bénéficier de la puissance et des fonctionnalités d'un ordinateur de bureau combinées avec la flexibilité d'un portable. En bref, Macintosh répond à toutes vos attentes.

D'après nos études,  
il y a ~~trois~~ raisons pour les~~quelles~~  
vous n'avez pas encore acheté  
un Macintosh.

une

1. ~~Macintosh n'est pas compatible.~~
2. ~~Macintosh est un ordinateur pour graphistes.~~
3. Macintosh est cher.



Apple baisse  
ses prix sur tous  
les Macintosh !

Exemple :  
une réduction  
de 33%



Macintosh Classic II 4/80  
7 800 F TTC\*



Macintosh LC II 4/80 (avec moniteur couleur Apple)  
9 600 F TTC\*

Jusqu'au 30 juin 1993, Macintosh Classic II 4/80 ne coûte que 7 800 F TTC\* au lieu de 8 895 F TTC\*\*, et le Macintosh LC II 4/80 muni d'un moniteur couleur Apple passe de 14 351 F TTC\*\* à 9 600 F TTC\*, soit une baisse de 33% sur ce dernier. Rendez-vous vite chez votre revendeur agréé Apple ou tapez 3615 Apple. Vous économiserez du temps et de l'argent.

Saviez-vous aussi que le coût de formation et d'utilisation sur Macintosh est l'un des plus bas du marché ?

En outre, Apple est l'un des constructeurs qui offre le plus de fonctionnalités en série : entrée son, vidéo haute résolution, capacités de mise en réseau et d'échange de fichiers.

En bref, Macintosh n'est pas cher.

\* Prix promotionnel conseillé. \*\* Prix public conseillé par Apple au 8/2/93. L'offre est applicable dans la limite des stocks disponibles chez les revendeurs agréés Apple participant à l'opération.

D'après nos études,  
~~il y a trois raisons pour lesquelles~~  
vous n'avez pas encore acheté  
un Macintosh.

1. ~~Macintosh n'est pas compatible.~~
2. ~~Macintosh est un ordinateur pour graphistes.~~
3. ~~Macintosh est cher.~~



# Et maintenant, choisissez le Macintosh qui est fait pour vous.

## Gamme Macintosh Performa



Macintosh Performa 200



Macintosh Performa 400



Macintosh Performa 450



Macintosh Performa 600

## Gamme Macintosh Classic



Macintosh Classic II



Macintosh Classic Couleur



Macintosh LC II



Macintosh LC III

## Gamme Macintosh Centris



Macintosh Centris 610



Macintosh Centris 650

## Gamme Macintosh Quadra



Macintosh Quadra 800



Macintosh Quadra 950

## Gamme Macintosh PowerBook



Macintosh PowerBook 145



Macintosh PowerBook 160



Macintosh PowerBook 165c



Macintosh PowerBook 180



Macintosh Duo



Macintosh  
PowerBook Duo 210



Macintosh  
PowerBook Duo 230



Apple, le logo Apple, Macintosh, Macintosh LC II et LC III sont des marques déposées d'Apple Computer, Inc. Macintosh Duo (PowerBook Duo), Macintosh Quadra, Macintosh Centris, PowerBook, Performa sont des marques d'Apple Computer Inc. Classic est une marque concédée en licence à Apple Computer, Inc.

Nom : \_\_\_\_\_  
Adresse : \_\_\_\_\_

Etes-vous équipé de matériel informatique ?

Oui ☐ Non ☐ Si oui, lequel ? \_\_\_\_\_

Souhaitez-vous recevoir une des brochures suivantes ?

- ☐ Apple et la gestion ☐ Apple et la CAO  
☐ Apple et la PAO ☐ Les unités centrales Apple  
☐ Les périphériques Apple ☐ Apple et l'éducation  
☐ Apple et les communications ☐ Performa  
☐ Autres \_\_\_\_\_

Bon à retourner à : Apple Documentation  
12, avenue d'Océanie - Z.A. de Courtabœuf  
91956 Les Ulis Cedex.

SCV

suite de la page 14

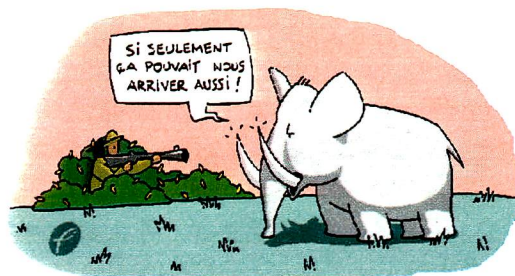
lies rares. Des études statistiques américaines, coordonnées par notre confrère américain *The Skeptical Enquirer*, indiquent qu'on n'a jamais pu établir de rapport entre la Lune et le sexe de l'enfant. Si la Lune avait donc une influence quelconque, ce serait au moment de la conception, mais il n'existe pas d'étude sur ce point. L'hypothèse semble d'ailleurs absurde quand on connaît les facteurs qui entrent en jeu lors de la conception – nombre et mobilité des spermatozoïdes, pH du milieu génital féminin, etc.

## Homéopathie et discours

«J'apprécie la clarté de vos articles et la variété des sujets traités», écrit M. A.L., de Clamart, mais je ne comprends pas pourquoi vous vous obstinez à dénigrer l'homéopathie.» Nous ne dénigrons pas l'homéopathie, mais le discours sur elle, prétendument scientifique.

## Pardon, pardon !

«On n'ose plus vous faire de compliments, tant il faudrait déployer d'imagination pour décrire vos qualités», écrit M. E.E., de Perpignan. Deux remarques, toutefois, sur votre numéro de mars. En page 62, note 6, dernière ligne : ce n'est pas un «jugement», comme vous l'écrivez, que rend la cour d'appel, mais un arrêt. En page 78, 1<sup>re</sup> colonne : on n'est certainement pas sans savoir (et



non sans ignorer). De plus, votre description du manuel de graphologie est très anglo-saxonne (y a-t-il un statisticien dans la salle ?).»

Qu'il est doux et difficile à la fois d'avoir des lecteurs aussi vigilants ! Pardon pour ces deux erreurs évidentes.

## Darwin et les dents de sagesse

«J'ai toujours entendu dire que les dents de sagesse avaient tendance à disparaître de notre patrimoine, et que d'ici la fin de ce siècle, plus personne n'en aurait», écrit M. A.G., de Paris. J'ai fait il y a quelque temps une terminale C et mes maigres connaissances sur la génétique et la théorie de l'évolution m'interdisent de considérer cet adage comme exact. Cependant, force est de constater que beaucoup de gens n'ont pas de dents de sagesse. C'est le cas de plusieurs membres de ma famille. Est-ce un phénomène nouveau ? Localisé ? Universel ? Héritaire ?»

Ce lecteur a mis le doigt sur un point très frappant : en effet, le Dr Abensur, dentiste à Paris, nous confirme qu'on voit de plus en plus de gens dont les dents de sagesse soit restent incluses dans l'os, soit n'existent pas du tout.

Cette évolution semble due à la modification de l'alimentation. Nous en traiterons dans un prochain article.

## Big bang et génie des lecteurs

Nous recevons un courrier abondant et régulier sur la cosmologie et, en particulier, le big bang. Certaines lettres posent des questions extrêmement pertinentes et force nous est de constater que certains lecteurs ont la bosse de la cosmologie. Hélas, les réponses à certaines questions requerraient un cosmologiste de très haute volée «à domicile», ce qui n'est pas notre cas. Les réponses se font donc attendre. Pis : elles sont souvent différées, à la fois en raison de la longueur des lettres et de celle de la réponse nécessaire. Nous prions ceux qui nous les posent de bien vouloir penser qu'il n'y a donc pas négligence de notre part, mais qu'il nous est difficile de consulter les compétences idoines au moment de la préparation du «Courrier» ; et que l'espace... papier est restreint !

M. Y. de S., de Bruxelles, fait ainsi remarquer : «Vu que l'accélération d'un corps dans le vide est constante, on peut en déduire que sa vitesse augmente graduellement. De plus, on sait que tous les

corps dont la vitesse est proche de celle de la lumière se transforment en énergie.

«Selon les théories actuelles sur le big bang (ou ce que je crois en savoir), au «début», notre Univers était concentré en un point très petit. A un moment donné, ce point a explosé et a ainsi donné naissance à notre Univers. Mais lorsque ces éléments se sont éloignés, leur vitesse a augmenté graduellement, et cela devrait faire un bon moment que tous ces corps auraient dû être transformés en énergie.»

L'accélération d'un corps dans le vide est constante mais pas infinie, sans quoi l'Univers se dilaterait de plus en plus vite (et les lois de conservation de l'énergie ne seraient pas respectées). Or, ce n'est pas le cas. C'est aussi la raison pour laquelle l'Univers entier ne s'est pas transformé en énergie. De fait, certaines théories postulent que l'entropie (le désordre moléculaire) va diminuant, et que l'Univers se «gèlera» par déperdition d'énergie, atteignant ainsi un point de néguentropie irréversible.

«On peut reprendre ce type de raisonnement pour essayer d'expliquer le mouvement cyclique de l'Univers, à savoir que celui-ci, créé par une explosion initiale, se condensera dans un «big crunch», suivi d'un nouveau big bang et ainsi de suite...», poursuit ce lecteur.

C'est une hypothèse de travail ; la théorie du big bang est loin de faire l'unanimité parmi les cosmologistes et astrophysiciens. On a quelque raison de supposer qu'il se produit des «crunches» pour les trous noirs. Mais pour l'Univers, c'est une autre affaire !

Dessins Finis



# PHOTO DU MOIS

*Photo : W. Gregory Brown*

## **LE GUETTEUR DES SABLES : un poulpe enfoui dans le sable ?**

Un crocodile dont les yeux seuls émergent d'un étang couvert d'algues ?

Non, un simple carrelet, poisson délicieux qui finit parfois sur nos tables, ici, tapi sur les sables de la mer des Caraïbes. Mais savons-nous, quand la fourchette le pique, que ce poisson de la famille des pleuronectes possède sur nous une supériorité extraordinaire car ses yeux, que voici, pivotent sur 360° ?





Sida

## Tempête sur l'AZT

L'AZT (azido-thymidine) est un médicament antiviral utilisé dans le traitement du sida et fabriqué par les laboratoires américains Wellcome. Il y a quelques années, on a supposé que, administré à des séropositifs sains, il retarderait l'apparition des symptômes divers de cette maladie. Une étude épidémiologique franco-anglaise a voulu le vérifier. En souvenir de l'Entente cordiale du temps de Clemenceau et de l'avion du même nom, on a baptisé cette étude Concorde.

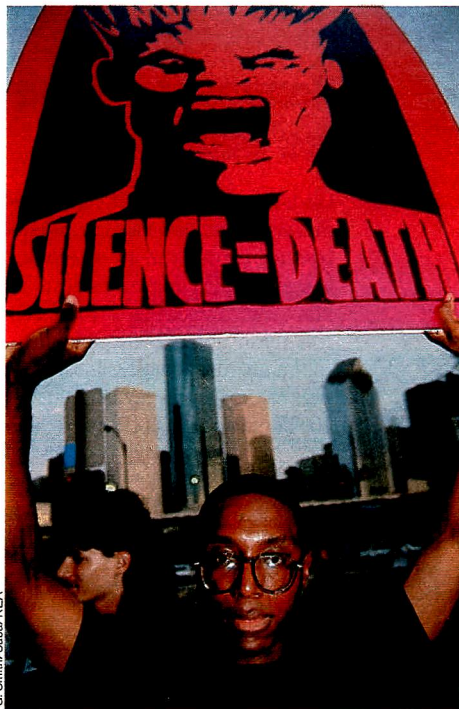
Elle a porté sur 1 749 patients séropositifs sains traités pendant trois ans. Selon le protocole classique, on a donné à un groupe de l'AZT et, à l'autre, un placebo, qui a été évidemment remplacé par de l'AZT dès l'apparition des premiers symptômes. On a étudié les différences entre ceux qui avaient pris de l'AZT préventivement et ceux qui n'en avaient pas pris, et on n'en a pas trouvé. La mortalité dans les deux groupes est égale : 8 %.

La publication des conclusions par la revue *The Lancet* a déclenché une tempête. Personne n'a été content. Les associations de ma-

lades, comme Aides, Arcat-Sida, Act-Up, ont déploré la brutalité de l'annonce. Des spécialistes du sida, comme le Pr Rozenbaum, ont critiqué (avec force) la valeur même de l'enquête. Les laboratoires Wellcome, qui vendent annuellement pour 200 millions de dollars d'AZT, ont critiqué, eux, l'interprétation des résultats. Le Pr Ian Weller, responsable de l'équipe britannique, a rétorqué que Wellcome faisait preuve de mauvaise foi. Bref, les débats ont abouti à la confusion et au brouhaha. Nous avons déjà eu un scandale du sang. Voici le scandale du sang-froid.

En effet, l'étude Concorde n'est pas révolutionnaire. Ce qu'on en retire est qu'il n'y a pas de bénéfices évidents à administrer de l'AZT à un séropositif sain avant l'apparition des symptômes.

Nous disons bien "évidents", parce que l'AZT semble bien, chez les séropositifs sains, avoir certains effets ; par exemple, il augmente le taux des lymphocytes CD 4, qui semblent jouer un rôle (complexe et encore mal compris) dans la lutte contre la maladie. Les CD 4 ne constituent pas



L'une des réactions les plus vives a été celle des activistes homosexuels américains.

des cellules homogènes ; ils comprennent des sous-groupes différents ; on ne connaît pas la signification de ces différences.

Cela étant, nul n'a retiré aux médecins leur liberté de prescrire ou non de l'AZT.

Les bénéfices de l'AZT dans le traitement du sida en phase II (la phase dite ARC, qui est celle des premiers symptômes) et en phase III ne sont pas contestés. L'AZT, on l'a toujours su, n'est pas un médicament "spectaculaire" : les antibiotiques peuvent réduire une population bactérienne d'un facteur de 3 milliards ; l'AZT ne réduit la population virale que d'un facteur 10. C'est pourquoi on l'associe de plus en plus à d'autres antiviraux, comme la DDI (didéoxine). D'autres antiviraux sont à l'étude, en attendant le temps des vaccins, que l'on espère pas trop éloigné. Nous y reviendrons.

### Propagande antiscientifique

● Scandale aux Etats-Unis après la projection par la chaîne de télévision CBS, le 20 février dernier, d'un film intitulé *l'Incroyable Découverte de l'Arche de Noé*. Bourré d'erreurs, selon la revue *Free Inquiry*, truffé d'interviews de faux savants, c'était en fait un plaidoyer astucieux pour les créationnistes, adversaires des évolutionnistes.

### L'éoraptor était un bipède

● Le plus vieux dinosaure connu, l'éoraptor, marchait sur deux jambes, il y a 225 millions d'années. Comme quoi, il n'y a rien de vraiment neuf sous le Soleil...



**Sismologie**

## Comment prévoir les tsunamis

**Les tsunamis (vagues de port, en japonais) sont des vagues gigantesques ou des raz-de-marée dévastateurs.** En décembre dernier, l'un d'eux ravagea l'île de Florès, en Indonésie, et tua 2 500 personnes, rasant un village entier. Trois mois plus tôt, un autre dévasta plus de 200 kilomètres de côtes au Nicara-

gua, causant la mort de 116 personnes. Les deux vagues mesuraient quelque 20 mètres de haut.

Le "champion" de tous les tsunamis des temps modernes fut, à coup sûr, celui qui s'abattit sur la côte méridionale de Java en 1893, à la suite de l'éruption, puis de l'effondrement, du volcan Krakatau : la lame mesurait plus de 40 m de haut sur au moins 10 km, et causa plus de 50 000 morts.

Les tsunamis sont provoqués par des séismes et une modification soudaine de la profondeur de la mer. Mais, contrairement à ce qu'on supposerait, il s'agit de

séismes mineurs, parfois à peine décelables sur l'échelle de Richter ; plutôt un "bruit de fond" un peu plus élevé. Ainsi, en 1946, les îles Aléoutiennes furent frappées par un séisme négligeable, qui déclencha pourtant un raz-de-marée monstrueux sur les îles Hawaï, où il tua 73 personnes.

Deux géologues japonais ont proposé un modèle de prédiction des tsunamis, basé sur l'analyse des ondes sismiques. La détection d'ondes de faible amplitude permettrait de prévoir le risque de tsunami et donc d'évacuer à temps les régions menacées.

**Taxonomie**

## Oncle Bolet et tante Ammanite

**Horreur ! A l'analyse génétique, il apparaît, selon des chercheurs peu portés sur la plaisanterie (1), que les champignons sont beaucoup plus proches de nous qu'ils le sont des végétaux.** L'analyse comparative des mutations de l'ARN ribosomal de 22 espèces indique que les champignons et nous descendons des mêmes organismes, des protistes fla-

gellés, qui s'étaient séparés du règne végétal il y a un milliard d'années.

Jusqu'à présent, on avait classé les champignons (dont il existe 250 000 espèces) parmi les végétaux. «Végétal sans fleurs et sans chlorophylle», dit le *Grand Dictionnaire encyclopédique Larousse* au mot "champignon" ; il faudra peut-être réviser la taxonomie, et même la définition. Imagine-t-on le choc que causerait une définition telle que celle-ci : «Animal sans hémoglobine, tendant à se fixer en un lieu, mais pas toujours» (les myxomycètes, en effet, peuvent se déplacer). On peut craindre que certaines sensibilités soient, à l'avenir, offensées par une belle poêlée de champignons à l'ail...

La constatation a une portée pratique : elle explique enfin pourquoi les mycoses, infections dues à des champignons (comme les lichens plans), sont si difficiles à combattre : les produits qui leur sont toxiques le sont aussi pour les humains...

(1) P. O. Wainright, G. Hinkle, M. L. Sogin et S. K. Stickel, "Monophyletic origins of the metazoa : an evolutionary link with fungi", *Science*, 16 avril 1993.



L'amanite tue-mouche ① et le bolet ② sont-ils nos "parents" ?







L'Antarctique est, en apparence, un désert de glace, et, en profondeur, un territoire volcanique...

## Antarctique

# Un volcan qui fait fondre la banquise

**Si, demain, le volcan découvert dans l'Antarctique entrait en activité, la fonte des glaces du pôle Sud pourrait atteindre des proportions alarmantes.** Ce volcan a été découvert à partir d'une observation du géophysicien américain Donald Blankenship, en 1987, au cours d'un survol de la région : une section de la banquise semblait animée d'une vitesse supérieure aux autres.

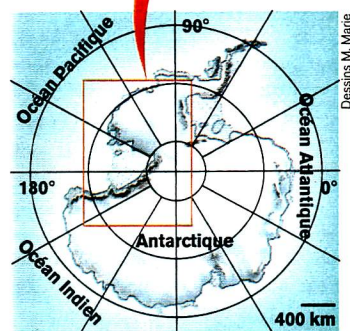
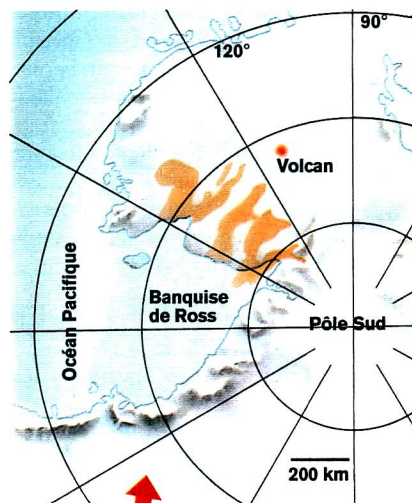
Blankenship fait partie du célèbre Lamont-Doherty Earth Observatory, qui est l'un des instituts les mieux équipés du monde, et il poursuivait depuis trois ans une étude détaillée de l'Antarctique. Il retourna alors sur place avec son collègue Robin Bell pour vérifier ce qui n'était encore qu'une intuition. Il mesura l'épaisseur et l'élévation des glaces, son champ magnétique, l'attraction gravitationnelle du lit rocheux et bien d'autres paramètres.

Pour Blankenship, si une section de la banquise allait plus vite que le reste, c'est qu'elle était liquéfiée plus que le reste et donc chauffée. Par quoi ? Les collègues auxquels il fit part de son intuition exprimèrent du scepticisme. Ils avaient tort : en 1992, Blankenship démontra qu'il y

a bien un volcan, sis par  $81^{\circ} 52,6'$  de latitude sud et  $111^{\circ} 18,1'$  de longitude ouest. La glace, dans cette région, est épaisse de 2 000 m. A vue de nez, on ne voit pas de grosse dénivellation. Mais, au radar, on a distingué un pic qui s'élève à 650 m au-dessus du plancher rocheux.

Les mesures magnétiques indiquent que la montagne et ses environs sont riches en magnétite, ce qui est caractéristique des roches volcaniques. Les relevés gravimétriques indiquent la présence d'un cône. Au-dessus de ce cône, il existe dans la couche de glace une dépression de 50 m de profondeur sur 6 km de diamètre. La glace fond et s'y engouffre. Ce volcan est donc un "mangeur de glace". D'autres mesures ont permis d'établir que chaque mètre carré de la montagne dégage de 10 à 50 W d'énergie, soit plus de 1 000 fois l'énergie dégagée en moyenne par la croûte terrestre. Cela prouve que le volcan n'est pas éteint, mais seulement endormi.

Il existe d'autres volcans actifs dans le périmètre de l'Antarctique, dont le mont Erebus. Mais ce premier volcan découvert sous la glace n'est sûrement pas unique : on a relevé, dans



Les coulées colorées en jaune, qui sont des sections de banquise en fusion, ont révélé un volcan enfoui.

le relief de la banquise, des formations circulaires qui indiqueraient d'autres cratères chauds. La volcanologie antarctique vient donc de commencer un grand chapitre.



Archéologie

# On n'a pas encore vu la moitié de Troie

Depuis les fouilles, quelque peu erratiques, entreprises sur le site de Troie il y a cent vingt ans, on croyait à peu près tout connaître de cette ville légendaire. On s'avise soudain qu'il n'en est rien. Ce qu'avait découvert Heinrich Schliemann, ardent lecteur d'Homère et de littérature antique, n'aurait été, selon les tout récents travaux d'une mission archéologique allemande, que le palais-forteresse des rois de Troie. Schliemann était allé fouiller sur place, avec un zèle louable, puisque c'est grâce à lui qu'on a quand même repéré le site de la ville, mais, hélas, avec une interprétation désinvolte des règles élémentaires de l'archéologie. Il trouva des "trésors", c'est-à-dire des bijoux, des masques, des pièces d'orfèvrerie, qu'il s'appropriait et ramena en Allemagne – ce qui fut ensuite jugé fantaisiste. Ces fouilles, apparentées au pillage, furent heureusement corrigées, dans une certaine mesure, par celles de chercheurs plus méthodiques : Dörpfeld, à la fin du siècle dernier, puis, dans les années trente, Blegen. Quant aux trésors, ils furent malheureusement détruits dans les bombardements de Berlin, en 1944. Or, récemment, de nouveaux travaux allemands ont permis d'identifier, à six mètres de profondeur, un épais mur d'enceinte de quelque 400 mètres, entourant le site dit de Troie. Ces relevés ont été réalisés grâce à la magnétométrie, technique qui permet d'enregistrer les variations du champ magnétique terrestre qui peuvent être causées soit par des failles, soit par des constructions. La découverte de ce mur permet de penser que

ce site-là est bien plus vaste que ce qu'avait mis au jour Schliemann et ses suivants. Schliemann n'avait sans doute vu que l'acropole de la ville, qui comprenait un palais, des temples et des quartiers d'habitation réservés à l'aristocratie. Une mission américaine (de l'université de Cincinnati) a, de fait, commencé à fouiller à l'intérieur du site et a mis au jour des objets



Une jarre romaine du I<sup>er</sup> siècle ①, et une portion du mur d'enceinte du site dit de Troie, en l'état actuel ②.



remontant, eux, à l'époque romaine. On a pu constater que les Romains avaient commencé à restaurer Troie. Dans deux ou trois saisons de fouilles, on commencera sans doute à reconstituer de façon plus détaillée l'his-

toire de cette ville légendaire. Mais Homère n'avait pas menti : on a bien retrouvé des éléments qui indiquent que, il y a cinq mille ans, la ville fut détruite par le feu. Retrouvera-t-on des vestiges du fameux cheval de bois ?



## Les bijoux de Jupiter

**Coquette, la planète Jupiter vient de transformer une comète qui passait à sa portée en véritable collier de perles. C'est en 1992 que la comète Shoemaker-Lévy, du nom des découvreurs, aurait été brisée en plusieurs morceaux lors de son passage à proximité de la plus grande planète du système solaire. Mais au lieu de se disperser dans l'Univers, ceux-ci ont été soigneusement alignés, par l'influence gravitationnelle de Jupiter, comme des perles sur un fil, avant d'être, pour la beauté du geste, satellisés ! Les astronomes de l'observatoire d'Hawaï ont compté 17 fragments. Un objet totalement inédit dans la joaillerie cométaire.**

J.-F.R.

Dr. Jane Lun et Pr. David Jewitt



**Du jamais vu : une comète fragmentée en dix-sept morceaux !**

## Chirurgie

### Une greffe qui fera date

**Première à Strasbourg : greffe transitoire d'un foie chez un garçon de 4 ans.** Celui-ci était dans le coma à la suite d'une hépatite fulminante ; il a pu survivre pendant trois mois grâce à un foie de rechange, le temps que son propre foie détruit se régénère. Maintenant, l'enfant vit normalement.

L'intervention a été réalisée dans l'unité de transplantation hépatique des Prs Daniel Jaeck, Philippe Wolf et Jacques Cinqualbre, une unité de pointe en ce qui concerne les greffes du foie (*Science & Vie* n° 849, p. 48).

C'est une date à retenir : avant l'ère des transplantations hépatiques, l'hépatite fulminante était mortelle à 90 %. Puis le taux de survie est monté à 60 % en remplaçant le foie détruit par un foie étranger. Cepen-

dant, cette intervention ne réussit bien que si elle est pratiquée à temps. En outre, elle contraint les patients à suivre durant toute leur vie un traitement immunosuppresseur (afin d'éviter le rejet du greffon) et exige de pratiquer l'ablation totale du foie malade – ce qui, bien sûr, ne laisse aucune chance au patient de régénérer son propre organe.

On sait, en effet, que le foie des malades atteints d'hépatite fulminante contient presque toujours des hépatocytes sains capables de régénérer un foie neuf, mais la menace d'un œdème cérébral mortel oblige à pratiquer la greffe au plus vite. D'où l'idée de greffer un foie supplémentaire en attendant la régénération du foie malade. C'est ce que l'on appelle une "transplantation auxiliaire", dont huit patients dans le mon-

de ont déjà bénéficié depuis 1984.

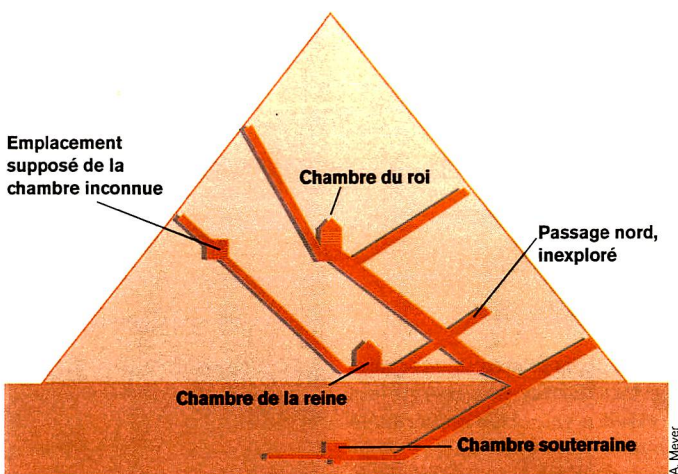
Ces patients étaient tous des adultes, car ce n'est qu'à cet âge que l'abdomen est suffisamment grand pour accepter un foie supplémentaire. Pour pratiquer l'intervention chez l'enfant, il a donc fallu imaginer une autre technique. Mise conjointement au point par le Pr Daniel Jaeck et le Dr Karim Boudjema, entre autres, elle a consisté à conserver une partie du foie malade, et à greffer seulement le lobe gauche du foie d'un donneur – le lobe droit a été utilisé pour une autre intervention. Le lobe greffé s'est mis aussitôt à fonctionner et, après trois mois, le foie propre s'était suffisamment régénéré pour qu'on puisse enlever le greffon et supprimer le traitement immunosuppresseur. L'enfant, qui était entré à l'hôpital dans le coma, a maintenant repris une vie normale, sans être astreint à aucun traitement.

P.R.

**Archéologie**

# Déception à la pyramide de Chéops

**Chargés de vérifier l'état des conduits d'aération de la pyramide de Chéops, dite aussi Grande Pyramide,** à Guizah, près du Caire (Egypte), des ingénieurs allemands ont rapporté une découverte qui a d'abord suscité des rêves. Les conduits en question sont au nombre de quatre : deux partant au nord et au sud de la chambre dite du roi, et les deux autres de la chambre de la reine. Ils mesurent quelque 20 cm de section. On en ignore l'usage originel. Il est possible qu'ils aient servi, en effet, à permettre l'évacuation de l'air chaud à l'intérieur des chambres, mais cela n'est pas certain. Peut-être étaient-ce aussi des conduits symboliques permettant l'envol de l'âme royale. Explorée à l'aide d'un robot vidéo monté sur un bras, la galerie sud de la chambre de la reine, longue de



**La Grande Pyramide abrite-t-elle une chambre encore inconnue ?**

65 m, a paru déboucher sur une porte en pierre dotée de poignées de cuivre. On pouvait se demander si cette chambre inconnue ne recélait pas les trésors que, dans sa prévoyance, le pharaon aurait entreposés là. Les pharaons savaient bien, en effet, que les tombes, fussent-elles royales, étaient pillées, et ils usaient de subterfuges pour déjouer les ruses des voleurs. L'accès de cette chambre n'aurait évidemment pas été commode, car il eût fallu, pour des archéologues contemporains, retirer les blocs de pierre qui la séparent de la surface et procéder donc à un considérable travail d'étai, pour éviter que la partie supérieure sud de la pyramide ne

s'effondrât. Soucis qui n'ont plus lieu d'être : le directeur de l'institut archéologique allemand au Caire, Rainer Stadelmann, rejette l'hypothèse d'une chambre inconnue. Le conduit est impraticable pour tout être plus grand qu'un chat, et la "porte" qu'on a cru voir à la vidéo ne serait qu'un bloc de pierre dans lequel on aurait fixé des poignées pour le transporter. Cela prouve-t-il qu'il n'existe pas de chambre inconnue dans la pyramide ? Tel n'est pas le sentiment de certains, qui, en 1986, ont relevé au sonar des anomalies dans la masse de l'édifice, pouvant indiquer qu'il existe une chambre encore inconnue.

**Physique**

# La fusion froide se réchauffe

**Deux communications sur la fusion froide ont paru début mai dans deux revues de renom :** l'une de Stanley Pons et Martin Fleischmann, les "inventeurs" de ce phénomène, dans *Physics Review* ; l'autre de Bernard Dufour dans *Fusion Technology*. Ces deux articles sont des descriptions d'expériences ; ils semblent confirmer la réalité d'un phénomène de nature inconnue dans l'électrolyse de l'eau lourde dans certaines conditions, avec des dégagements de

chaleur inexplicables. La communication de M. Dufour est complétée par une hypothèse en faveur d'une véritable fusion nucléaire à température ambiante. Toutefois, les deux articles comportent des obscurités, et de grands aléas demeurent dans la reproductibilité et la rentabilité du phénomène. Celui de Pons et Fleischmann, en particulier, souligne la difficulté d'établir un protocole qui permette d'obtenir des résultats prévisibles.

Il ne nous a pas paru que ces articles apportent des données suffisamment neuves pour que nous reprenions un sujet que nous avons traité de manière provisoirement exhaustive dans notre numéro 905 (p. 46), sous le titre "Le roman de la fusion froide". Nous attendons confirmation de certaines autres recherches dans le même domaine pour reprendre ce sujet. Toujours est-il que, loin d'être tombée aux oubliettes, la fusion froide n'a pas dit son dernier mot.



# Les 7 sœurs et les 22 naines brunes, conte cosmique

**Dans une des plus jeunes régions de la Voie lactée, des astronomes viennent peut-être de découvrir le chaînon manquant de l'évolution stellaire.** On connaît, en effet, le Soleil et ses milliards de semblables répartis dans la Galaxie, ainsi que la Terre et ses huit compagnes planétaires. Une question restait posée : n'y a-t-il pas des objets célestes à mi-chemin entre ces géants de feu et ces cailloux glacés ? La réponse théorique était affirmative, on leur a même donné le nom de "naines brunes".

L'astronome Richard Jameson, de l'université de Leicester, vient d'affirmer qu'il en a vu vingt-deux ! Une telle annonce n'est cependant pas la première. Les précédentes ont toujours été suivies de démentis plus ou moins piteux. La "nouvelle nouvelle" vient de la direction des Pléiades, cette région du ciel où des nuages de poussières continuent à s'effondrer sous l'effet de la force gravitationnelle, donnant naissance à de nombreux objets célestes. De quelle nature ? Les seules à nous envoyer des signes faciles à interpréter sont les étoiles bien visibles (dont les fameuses sept sœurs). Les astronomes nourrissaient des soupçons sur des astres dont la masse ne dépasse pas 8 % de celle du Soleil. C'est, en effet, en dessous de ce seuil que les réactions nucléaires ne s'enclenchent pas : faute de matière suffisante, l'étoile "avorte" et finit donc sa vie en naine brune.

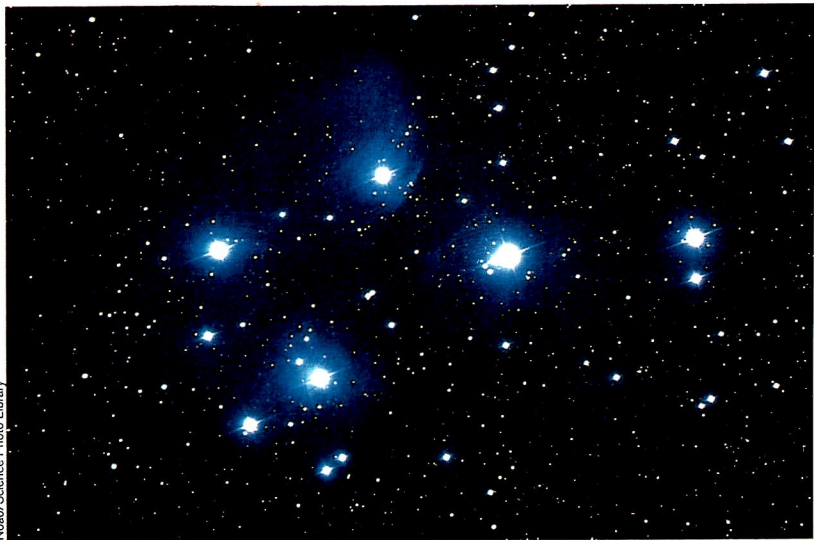
S'appuyant sur des observations effectuées depuis l'observatoire du Mauna Kea, à Hawaï, Jameson affirme que vingt-deux objets jusqu'ici considérés comme des étoiles en formation ne dépassent pas 5 % de la masse solaire. Une telle déduction

est basée sur une interprétation de la variation du rayonnement infrarouge (rayonnement des corps "froids") en fonction de la masse de l'objet émetteur. Si les esprits sceptiques ne manquent pas, l'intérêt reste soutenu grâce à deux candidats très sérieux pointés à moins de 0,04 masse solaire (soit "seulement" quarante fois Jupiter).

Ce résultat, fragile mais prometteur,

relance aussi la polémique sur la matière manquante de l'Univers. En effet, si 90 % d'entre elle est composée de particules exotiques encore inconnues, 9 % aurait pris la forme, selon certains modèles, de ces insaisissables naines brunes. J.-F.R. ■

**Dans les brillantes Pléiades, d'introuvables naines brunes, sorcières chez les fées...**



Noao/Science Photo Library

## Pourquoi les loups hurlent avant l'orage

● C'est la baisse de la pression atmosphérique qui leur fait mal aux oreilles, selon Conrad Nelson, météorologue, de l'US Air Force. Les loups sont très sensibles aux changements de pression atmosphérique, et les sentent quelque douze heures à l'avance. Faudra-t-il en installer à la Météorologie nationale ?

## Maladie des immeubles modernes

● L'insuffisance de la ventilation ne serait pas en cause. Les symptômes associés aux constructions modernes - fatigue, maux d'yeux et de gorge, migraine - ne sont pas atténués par une amélioration de celle-ci.



*Avec la Carte France Télécom,  
tous les téléphones deviennent un peu le vôtre.*



A l'aéroport de Marignane



A l'Hôtel de la plage, chambre 22



Miami Beach - Floride



Route de Saint-Eloi



Chez M. Hisokomi - Osaka



King's Road - Londres



Que vous soyez en France ou à l'étranger, dans une cabine ou chez un particulier, utilisez le téléphone comme si c'était le vôtre ! Grâce à la Carte France Télécom, le montant de vos appels sera directement facturé sur votre compte téléphonique personnel ou professionnel. La Carte France Télécom vous permet d'appeler de France tous vos correspondants dans le monde. Depuis plus de 30 pays étrangers, vous pouvez appeler la France et le monde entier par France Direct.

Pour plus de renseignements sur la Carte France Télécom ou pour vous abonner, appelez gratuitement le **05 202 202** ou tapez 3614 code FRANCE TÉLÉCOM sur votre Minitel. Vous pouvez aussi vous adresser à votre Agence France Télécom.

*Et si vous communiquiez  
avec les outils d'aujourd'hui ?*



**France Telecom**



## Conservation

### Rhinocéros noir : la corne ou la vie

**Les effectifs de rhinocéros noir continuent de décliner. De 65 000 en 1970, ils sont passés à 4 000 en 1989, et à 2 600 aujourd'hui. Une ultime tentative pour sauver *Diceros bicornis* est... de lui couper les cornes.**

Initialement testé en Namibie en 1989, puis appliqué par le Zimbabwe aux deux espèces africaines de rhinocéros, le blanc (*Ceratotherium simum*) et le noir, le procédé se révèle très contestable, voire dangereux... L'idée était de dissuader les braconniers, en réduisant les cornes à une taille dépourvue de valeur commerciale et en le faisant largement savoir. Ce qui suppose que l'Etat "casse les prix" en inondant le marché des cornes prélevées. Le temps d'écouler les stocks, les rhinos pourraient reconstituer leurs effectifs.

Mais ce faisant, les rentrées budgétaires prétendues financer l'opération auraient été dérisoires. Le Zimbabwe a donc décidé de

vendre les cornes prélevées légalement... au prix du marché noir. Avec, d'après Pierre Pfeffer, délégué de la France auprès de la CITES (1), un résultat opposé à celui espéré : les trafiquants n'ont plus qu'à mêler leur récolte à celle de l'Etat. En outre, pour diminuer la rentabilité du braconnage, il faut couper les cornes au moins tous les deux ans.

Bref, la méthode paraît bien peu efficace. Chiffres à l'appui : le Zimbabwe a perdu 1 400 animaux depuis 1989. Le pire, c'est que l'opération a des conséquences sur la santé des rhinocéros, et peut-être aussi sur leur comportement. Ainsi, au début, le taux de mortalité causé par l'anesthésie était de 20 %. Si la technique semble maintenant à peu près maîtrisée, elle provoque néanmoins chez les femelles gestantes des avortements, et chez celles qui allaitent, l'arrêt de la lactation. L'opération pourrait aussi affecter

l'efficacité de la défense des jeunes par les femelles face aux prédateurs (lions ou hyènes).

Le jeu semble donc loin d'en valoir la chandelle. Pour Pierre Pfeffer, il s'agit d'une opération commerciale. Si l'on veut vraiment régler le problème, il faut protéger les rhinocéros dans des zones closes sous surveillance et, surtout, faire disparaître la demande. Les plus gros acheteurs sont les pays d'Extrême-Orient, qui croient aux vertus médicinales de la corne de rhinocéros... Or, celle-ci n'est autre que de la kératine, comme les cheveux ou les ongles. Comme le dit très justement Pierre Pfeffer : «Autant se ronger les ongles...»

T. P.

(1) Convention des Nations unies sur le commerce international des espèces menacées.

**La mutilation des rhinocéros s'est révélée inefficace pour limiter le braconnage.**





**Ichtyologie**

# La "pilule" change le sexe des poissons

**On savait déjà que la pollution pouvait agir sur la sexualité animale.**

Ainsi, les femelles de bigorneaux pourpres, coquillages que l'on trouve notamment le long des côtes bretonnes, changent de sexe ou deviennent stériles lorsque la concentration de tributylétain dans l'eau est trop élevée. Ce composé, qui est présent dans certaines peintures théoriquement interdites en France, empêche les algues ou les petits coquillages de se fixer sur les coques de bateaux.

De l'autre côté de la Manche, ce sont les poissons d'eau douce qui deviennent hermaphrodites lorsqu'ils vivent dans les parages de déversoirs d'égouts : une constatation faite

par des chercheurs britanniques travaillant pour le Department of the Environment.

Des expériences en laboratoire leur ont permis de mettre en évidence une grande sensibilité des poissons aux hormones sexuelles, notamment aux œstrogènes de synthèse entrant dans la composition des pilules contraceptives. Or, on retrouve ces dernières, à faible concentration, dans les eaux d'égout.

Ces hormones provoquent dans le foie des poissons mâles et des femelles immatures la sécrétion d'une protéine, la vitellogénine, présente en temps normal uniquement dans le foie des femelles fertiles. Un phénomène observé à des concentrations aussi faibles que 0,3 nanogramme (ng) par litre d'eau pour l'œstrogène de synthèse, le 17  $\alpha$ -éthylœstradiol.

Selon les estimations des chercheurs britanniques, la concentration d'œstrogènes dans les effluents d'égouts et l'eau des rivières ne dépasserait pas de 1 à 10 ng par litre, ce qui représente la limite de détection de leurs appareils. Si bien qu'il leur a été impossible de les isoler des autres composés organiques présents dans l'eau – dont certains pourraient d'ailleurs jouer un rôle (quoique moindre) ; les soupçons pèsent notamment sur des produits de dégradation des détergents.

Selon ces chercheurs, il n'est pas improbable que les hormones incriminées puissent agir sur d'autres invertébrés. Du côté de l'homme, nulle inquiétude à avoir : l'eau du robinet – souvent "fabriquée" à partir d'eau de rivière – n'entraîne pas de réaction hormonale... chez les poissons.



**Déchets**

## Sable propre à prix d'or

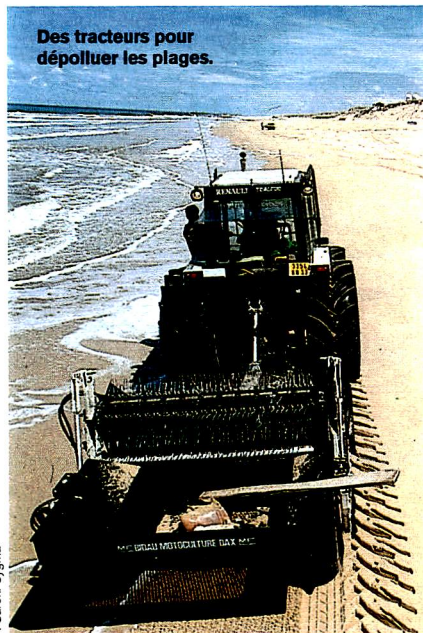
**Les plages landaises sont un gisement de déchets sans cesse alimenté par la mer.** Depuis deux ans, la STMB-Onyx, appartenant au groupe de la Compagnie générale des eaux, s'emploie à dépolluer quotidiennement ce littoral long de 106 kilomètres (voir *Science & Vie* n° 887, p. 88). Une armée de tracteurs tamise le sable et trie les déchets, qui sont évacués vers des usines d'incinération ou de recyclage. Ce printemps, l'heure est au bilan. En 1991, la STMB-Onyx

avait signé un contrat avec le conseil général des Landes sur la base d'une enquête de l'ARE-DRA (Association pour la récupération et l'élimination des déchets en région Aquitaine). Il s'avère aujourd'hui que cette enquête avait sous-estimé le volume de déchets... d'un facteur huit.

Au total, il s'échoue en effet près de 13 500 m<sup>3</sup> de déchets par an, soit huit fois plus que ce que prévoyait l'administration. Le coût de dépollution atteint près de 30 000 F par kilomètre de plage nettoyée.

Mais les dépenses engagées par les Landes risquent fort d'être inutiles si les autres départements du littoral ne collaborent pas à l'opération. En effet, le golfe de Gascogne est devenu une grande poubelle dans laquelle flottent des îlots de détritus de 100 m de diamètre.

**Des tracteurs pour dépolluer les plages.**



P. Caron/Sygma





Une dévoreuse de pucerons en plein repas.

Y. Le Clerc

## Pesticides

### Les coccinelles jardinières

**Voilà plus de dix ans que la ville de Caen distribue gratuitement des larves de coccinelle aux Caennais pour éviter l'utilisation de pesticides.**

Une larve de coccinelle à sept points (*Coccinella septempunctata*) ou à deux points (*Adalia bipunctata*) dévore plus de 100 pucerons par jour. Et si le coléoptère est en appétit, il s'attaque même aux chenilles et aux cochenilles.

Cette année, l'expérience caen-

naise gagne la France entière. En utilisant le réseau commercial de la société Profertyl, spécialisée dans le jardinage biologique, la serre d'élevage de la ville de Caen alimentera près de 50 points de distribution dans l'Hexagone (1). Les jardiniers pourront y retirer gratuitement des œufs de coccinelle jusqu'à fin juin. Des conseils d'utilisation leur seront prodigués pour obtenir l'éclosion des œufs (au

bout de quatre jours) et pour épandre les larves à bon escient sur les rosiers, dahlias, capucines et bien d'autres végétaux dont raffolent les pucerons.

A Paris, le service d'horticulture de la ville a mis au point une stratégie de lutte biologique du même genre qui permet de traiter les espaces verts de la capitale tels que le parc Georges-Brassens, le square Carnot ou le bois de Vincennes. La serre d'élevage basée dans le parc floral de Vincennes a produit plus de 74 000 larves de coccinelle en 1992.

Au-delà de ces performances horticoles, la bête à bon Dieu se révèle être un véritable outil médiatique au service de l'environnement. En effet, ces points de distribution sont autant de bureaux d'information permettant de sensibiliser les jardiniers aux abus de pesticides chimiques.

(1) Pour connaître les points de distribution, téléphoner au 16 31 43 71 60.

## Nucléaire

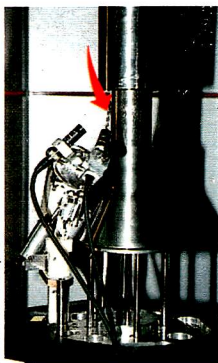
### Couvercles de cuves : affaire à suivre

**«Pas de problème de sûreté», affirme EDF sur la page consacrée aux couvercles des cuves de réacteurs nucléaires,** dans le dossier de presse distribué aux journalistes le 30 mars dernier. Ce jour-là était présenté un robot capable de détecter les fissures dans les couvercles des cuves renfermant le cœur nucléaire des réacteurs. Plus précisément dans les sortes de manchons métalliques qui traversent les couvercles, points cruciaux par lesquels descendent les barres de contrôle chargées de piloter le réacteur – c'est-à-dire de le freiner ou de l'arrêter en cas de besoin.

L'accident le plus redouté, en ce qui concerne ces pièces, serait la rupture brutale d'un manchon, sui-

vie de l'éjection des barres de contrôle. Accident hypothétique, qui nécessiterait la présence d'une fissure circonférentielle, rarissime. Il n'est toutefois pas à écarter, puisqu'à Bugey 3, où a été découverte la première anomalie en septembre 1991, des examens ultérieurs ont mis en évidence un début de fissuration circonférentielle, qui s'ajoute à la fissure longitudinale observée en 1991.

Depuis, EDF a inspecté 21 réacteurs et trouvé des fissures sur 13 d'entre eux. Ce phénomène touche également des réacteurs suédois, belges et suisses. L'alliage d'acier utilisé pour les traversées de cuves, l'inconel-600, vieillit en effet plus vite sous l'action des rayonnements



Ce long serpent (flèche) métallique s'infiltre pour détecter les fissures dans les couvercles de cuve.

que les autres matériaux. Au bout de dix ans, il devient suspect.

EDF a découvert sa fragilité un peu tard. En même temps que d'autres fissures apparues sur les générateurs de vapeur et les pressuriseurs, dont certaines pièces sont aussi en inconel-600.

Fin 1993, plus de la moitié du parc français aura été inspectée, grâce à l'un des cinq longs serpents mé-



*suite de la page 35*

talliques aujourd'hui opérationnels (il y en aura bientôt sept) qui s'infiltrant sous les manchons. Ce système ingénieux utilise les courants de Foucault ou des ultrasons pour détecter les anomalies. Ces robots sont capables de contrôler un couvercle en quatre ou cinq jours. Mais pour opérer, ils doivent attendre un

arrêt programmé de la centrale, pour rechargement de combustible, par exemple. Disponibilité du parc oblige ! Ce qui explique qu'à la fin de l'année, il y aura encore une bonne vingtaine de tranches qui n'auront pas bénéficié de l'aide de ces précieux robots. Lorsqu'on découvre des fissures, la

solution consiste à remplacer les manchons défectueux, voire le couvercle tout entier. Un marché intéressant pour Framatome, à qui EDF a déjà commandé quinze nouveaux couvercles, qui seront livrés fin 1993. Le changement d'un seul couvercle revient à environ 50 millions de francs.

## Erosion

# Les terres agricoles s'appauvrissent



Les cow-boys auront-ils encore assez de terre au milieu du XXI<sup>e</sup> siècle ?

T. Netbia/Fovea

**L'avènement des biotechnologies, l'utilisation d'engrais chimiques ou tout simplement la mécanisation de l'agriculture ont décuplé les rendements agricoles au détriment de la terre nourricière.** Une équipe de scientifiques de l'université de Cornell tire la sonnette d'alarme en publiant ce constat dans un livre intitulé *World Soil Erosion and Conservation* (érosion mon-

diale des sols et conservation) (1). Il apparaît que l'érosion des terres agricoles atteint près de seize tonnes de terre par hectare rien qu'aux Etats-Unis. Les chercheurs soulignent que le calcul du coût de l'érosion doit tenir compte à long terme du remplacement des éléments nutritifs et organiques et de la surconsommation d'eau par ces sols appauvris. Au total, l'érosion

des terres agricoles aux Etats-Unis coûterait un peu plus de 43 milliards de dollars par an. Cette gangrène des sols fertiles est d'autant plus sournoise qu'elle est difficile à visualiser. En effet, la perte de seize tonnes de terre par an sur un hectare ne représente qu'un millimètre de sol en surface.

(1) Cambridge University Press, 1993.



## Haro sur les canards roux

**Les premiers érismaures roux (*Oxyura jamaicensis*), canards originaires d'Amérique du Nord, se sont échappés de la réserve naturelle anglaise de Slimbridge dans les années cinquante.** Depuis, l'anatidé s'est tellement bien acclimaté aux milieux naturels anglais que sa croissance démographique a atteint 10 % par an (3 500 canards roux recensés en Grande-Bretagne). Il débarque aujourd'hui sur les côtes méditerranéennes où il menace de disparition l'érismaure à tête blanche (*Oxyura leucocephala*). En effet, le canard roux copule avec les têtes blanches et donne naissance à des hybrides qui accaparent la niche écologique des autochtones méditerranéens. Les Anglais pren-

nent l'affaire au sérieux. Le gouvernement britannique vient d'organiser un colloque international sur le sujet. L'affaire relance la question du bouleversement des écosystèmes par l'introduction accidentelle ou volontaire de nouvelles espèces. En France, la tortue de Floride (*Trachemys scripta elegans*), relâchée dans la nature par des aquariophiles peu scrupuleux, élimine peu à peu la cistude (*Emys orbicularis*) des mares et des étangs (voir p. 108). La grenouille taureau (*Rana catesbeina*) fait régner la terreur dans les grenouillères gironnines. Enfin, l'écureuil du Viêt-Nam (*Collosciurus Sp*) a élu domicile en Ardèche. La fédération des sociétés de protection de la



Photos T. Walker/Jacana

L'intrus est le canard à col roux ❶, qui élimine son cousin méditerranéen, le canard à tête blanche ❷.

nature, France Nature Environnement, demande d'ailleurs son éradication pure et simple avant que le rongeur ne s'implante dans le sud-est de la France à la place de l'écureuil roux (*Sciurus vulgaris*).

## Parcs naturels pollués

● Un rapport américain, publié par le collège des géosciences et des études maritimes du Texas, dénonce l'augmentation de la pollution atmosphérique dans les parcs naturels, due à l'activité industrielle sur l'ensemble des Etats-Unis, et ce, en dépit des mesures préventives prises dès 1977. A l'Ouest, la visibilité est passée de 100 milles à 60 milles. A l'Est, elle est en moyenne de 20 milles, soit seulement 1/5<sup>e</sup> de la visibilité en l'absence de pollution.

## Lisier contre NOx

● Les Allemands étudient un procédé permettant d'utiliser le lisier de porc pour lutter contre la pollution atmosphérique par les oxydes d'azote (NOx). Le lisier agit comme réducteur des NOx émis lors de la combustion dans les centrales thermiques à charbon : l'oxyde d'azote, toxique, est transformé en azote, inoffensif, et en eau.

## Informatique

## Cliquer avec la souris et cligner de l'œil

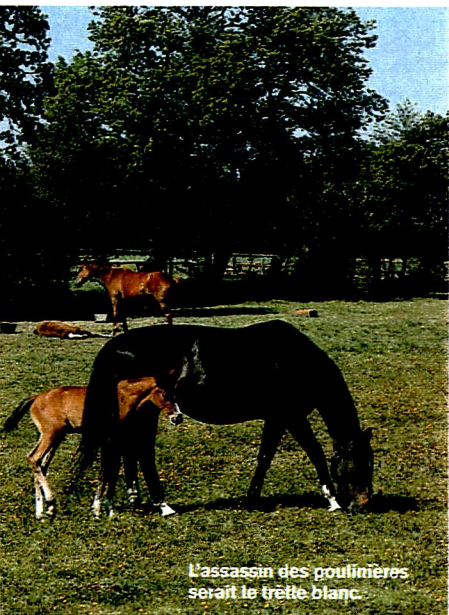
**Nombreux sont les utilisateurs d'ordinateurs qui se plaignent des yeux après un travail prolongé devant un écran.** Deux chercheurs japonais, Karuo Tsubota du Tokyo Dental College et Katsu Nakamori de Taisho Pharmaceutical Co, ont cherché à savoir pourquoi. Ils ont étudié les réactions oculaires de 104 employés de bureau de 20 à 69 ans, qui travaillent en moyenne trois heures par jour devant un écran. Ils ont constaté que, devant un écran, on cligne des yeux moins souvent : 7 fois par minute en moyenne, alors que la lecture d'un livre entraîne 10 clignements par minute, et que l'œil au repos se ferme 22 fois par minute.

De plus, devant un écran, on a tendance à ouvrir grand les yeux et à fixer l'image. D'où une évaporation plus rapide du film aqueux qui protège l'œil, et donc une sécheresse oculaire. Chaque clignement permet en effet aux larmes qui composent ce film d'irriguer toute la surface de l'œil. Seul remède pour les personnes vraiment gênées par cette sécheresse : les gouttes de lubrifiant oculaire, sortes de larmes artificielles ; et, dans les cas extrêmes, le port de lunettes filtrantes. Pour les autres, il suffit de placer l'écran le plus bas possible en l'orientant vers le haut, afin de diminuer l'ouverture de l'œil. Et de penser à cligner des yeux.



**Epizootie**

## La météo meurtrière



L'assassin des poulinières  
serait le trèfle blanc.

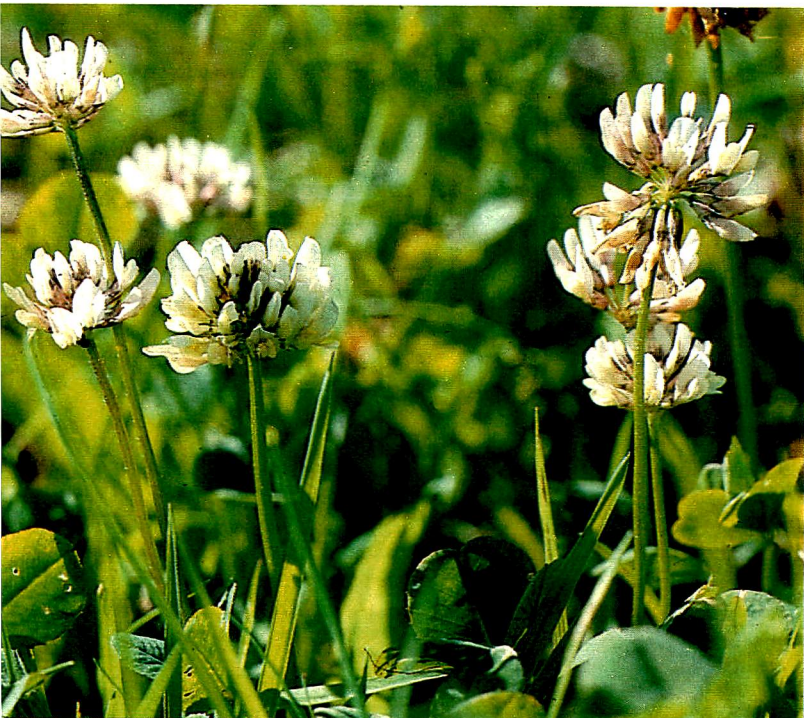
W. Mohr/Zefa

**Mais quel est l'agent responsable de l'épizootie d'encéphalose hépatique qui a décimé les élevages de chevaux dans l'ouest de la France (Normandie, Maine-et-Loire, Mayenne) ?** Durant le printemps et l'été 1992, les éleveurs ont été pris de panique en voyant mourir leurs meilleures juments (147 cas au total). Cette maladie reste encore mystérieuse : dans certains élevages, les juments sont mortes alors que les étalons qui gambadaient dans le pré adjacent ont été épargnés ! Le premier signe clinique de la maladie est l'apparition d'ictères ou d'œdèmes au niveau des régions dépigmentées. Puis le système nerveux central est atteint. Le foie ne jouant plus son rôle de détoxification (il transforme l'ammoniaque en urée), les molécules toxiques em-

poisonnent le sang et par voie de conséquence le cerveau. Les juments présentent alors une alternance de phases d'excitation et d'hébétéude : elles se jettent contre les arbres ou traversent les mares et les haies, pour finir dans un état comateux qui s'achève dans 80 % des cas par la mort.

Après huit mois d'enquête épidémiologique, Stephan Zientaras, vétérinaire au laboratoire central de recherche vétérinaire de Maisons-Alfort, s'oriente vers une cause « d'origine nutritionnelle ». Au départ, quatre hypothèses étiologiques ont été émises, au cours d'un colloque au CE-REOPA (Centre d'étude et de recherche sur l'économie et l'organisation des productions animales) : celle d'un agent d'infection bactérien ou viral, celle d'une hépatite aiguë transmise par un sérum antitétanique, et enfin l'intoxication alimentaire. Les trois premières hypothèses écartées, le vétérinaire suggère que « les conditions climatiques observées au printemps dernier – une alternance d'orages et de journées chaudes – auraient modifié le métabolisme végétal et encouragé la synthèse de toxines par la végétation.

Sur le banc des accusés, le trèfle blanc (*Trifolium repens*), qui aurait empoisonné les poulinières. Le Sénéçon de Jacob ou la prêle sont aussi soupçonnés, sans qu'on puisse toutefois établir une relation de cause à effet. Autre piste : le développement anormal de champignons, qui auraient produit une mycotoxine hépatotoxique. La mise en évidence, dans les urines de juments malades, d'une molécule inhabituelle, la dihydroxyindole 2,5, confirme la piste du trouble métabolique d'origine nutritionnelle. Les vétérinaires recommandent donc aux éleveurs de diminuer la période de pâture et de compléter l'alimentation par des granulés industriels.



R. König/Jacana



## Désarmement

● Dans le cadre des accords conclus à Paris en novembre 1992 avec Andreï Kozyrev, ministre russe des Affaires étrangères, les Français apporteront leur aide au démantèlement des armes nucléaires russes (voir *Science & Vie* n° 907, p. 96). Ils fourniront notamment des conteneurs spéciaux, comme celui utilisé pour transporter les composants

fabriqués à Valduc, près de Dijon, jusqu'à l'île Longue (Bretagne), où a lieu l'assemblage final des armes nucléaires de la force de frappe française.

## En panne...

● Le Conseil supérieur de sûreté et d'information nucléaire, chargé d'informer les populations et de conseiller le gouvernement sur les dossiers sensibles dans le domaine

nucléaire, s'est réunie, le 8 mai, pour la première fois depuis février 1992.

## Tout pollueur paie

● Dans les années cinquante, la Grande-Bretagne a réalisé des essais nucléaires dans le désert australien. Aujourd'hui, le gouvernement australien lui réclame l'équivalent de 3 milliards de francs pour décontaminer le site pollué.

## Biotechnologies

### Baujade, pomme écologique

Pour protéger leurs vergers contre les insectes, champignons, acariens et autres bactéries parasites, les producteurs de pommes doivent procéder en moyenne à quinze, voire vingt traitements phytosanitaires par an !

Ces interventions, coûteuses en termes de prix de revient, ne sont pas non plus sans conséquences sur l'environnement : présence de résidus sur les fruits, destruction de la faune auxiliaire (en particulier des insectes pollinisateurs), etc. La variété de pomme Baujade, mise au point par les sélectionneurs de la station d'arboriculture fruitière de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) d'Angers, devrait permettre de mettre un frein à cette dangereuse escalade. Génétiquement résistante à la tavelure, Baujade ne nécessite en tout et pour tout que de huit à dix interventions chimiques, soit deux fois moins que les variétés traditionnelles.

Mais il ne s'agirait encore que d'une première étape : les chercheurs de l'INRA pensent pouvoir obtenir, à terme, des variétés capables de se contenter de cinq traitements : de l'agriculture biologique, en quelque sorte ! M.M.

W. Kaehler/Fovea



Une "sauce" chimique colle les grains de sable entre eux pour éviter l'érosion.

## Agronomie

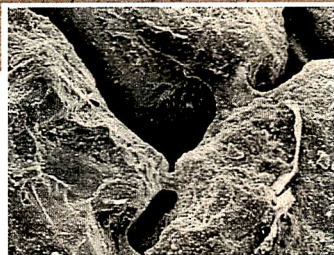
### Une colle pour reverdir le désert

L'Afrique subsaharienne est envahie par le sable du désert en raison de l'utilisation intensive du "bois de chauffe", qui détruit la barrière végétale naturelle. Dans des pays comme le Mali ou le Niger, les précipitations annuelles ne dépassant pas 500 mm, le développement agricole relève de la gageure, d'autant que les sols sablonneux, dépourvus d'humus, s'envolent au moindre coup de vent en découvrant les semences.

Pour tenter de résoudre ces problèmes, les chimistes de Nestlé proposent de pulvériser un nouveau produit, le "Terrasorb". Ce polymère, composé d'urée et d'acétaldéhyde, est épandu sur la zone de culture à raison de 200 kg/ha. En

durcissant, cette "sauce" colle entre elles les particules minérales du sol telles que les grains de sable. Dès lors apparaît une croûte superficielle perméable à l'eau, sur laquelle le vent n'a plus de prise. Enfin, se dissolvant progressivement, le "Terrasorb" joue le rôle d'engrais.

Les premiers essais, réalisés sur un champ de maïs (40 ha) du centre agricole égyptien de Wadi Natron, sont concluants. Les Australiens, qui cherchent à lutter contre l'érosion éolienne, suivent l'affaire avec attention tandis que le sultanat d'Oman est prêt à se lancer dans l'aventure. Espérons que ce produit sera aussi à la portée des pays les moins riches. ■



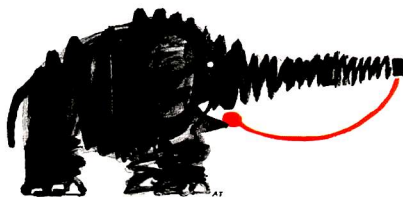
Nestlé

# 2<sup>e</sup> FÊTE DE LA PHOTOGRAPHIE

## 4-5-6 JUIN 93



*Ouvrons l'œil!*



# PHOTOFOLIE



AVEC LA PARTICIPATION DES PROFESSIONS DE LA PHOTO





## Projet mondial pour une "usine globale"

Après trois ans d'âpres négociations, un ambitieux programme international de recherche sur les systèmes de production dits "intelligents" vient enfin de décoller. Les six premiers projets adoptés permettront de tester cette collaboration planétaire, qui réunit pas moins de 140 partenaires industriels et universitaires du Japon (initiateur du programme), des Etats-Unis, du Canada, d'Australie et de toute l'Europe (1). Ces projets pilotes concernent l'ingénierie simultanée (qui permet à plusieurs équipes de travailler en parallèle sur le même projet), le développement rapide de nouveaux produits, la production "propre" et, plus généralement, l'organisation des processus de production au niveau mondial.

Baptisé IMS, pour Intelligent Manufacturing Systems, ce programme est né en 1989 d'une vision du professeur Hiroyuki Yoshikawa, le doyen du département d'ingénierie de l'université de Tokyo. Vision selon laquelle les usines seront demain sans frontières, éclatées entre différents sites autour du globe, et facilement reconfigurables en fonction des types de produits à fabriquer, de la fluctuation de la demande et des compétences disponibles ici ou là. Pour faire de ce "rêve" une réalité, il faut commencer par modéliser le processus de production de manière à transformer l'usine en un véritable système programmable. Bref, il faut faire de la production industrielle une science. Derrière cet objectif se profile le grand chantier de la normalisation mondiale des systèmes de fabrication et de la gestion des données de production. Cet enjeu ne pouvait laisser insensibles des autorités japonaises de plus en plus sou-



L'usine de demain, selon le projet international IMS : programmable, éclatée aux quatre coins du monde, et flexible.

cieuses de jouer un rôle de leader dans les grands programmes de recherche. Déjà, avec le programme *Frontières humaines*, le Japon a su initier un effort mondial de recherche dans le domaine de la biologie, dont il assure d'ailleurs l'essentiel du financement.

Avec IMS, le MITI (ministère japonais de l'Industrie et du Commerce extérieur) a cherché à "rebeloter" dans le secteur de la productique. Les Etats-Unis et l'Europe se sont montrés cette fois plus que réticents, inquiets de voir l'Archipel prendre les rênes d'un projet touchant directement à la compétitivité des entreprises. Avec à la clé le risque d'un *brain drain* ("fuite des cerveaux") vers le Japon. La question de la propriété intellectuelle (sur les résultats de cet-

te recherche) a, en particulier, été le sujet de vifs débats. Américains et Européens ont obtenu au terme de longs mois de négociations que le programme soit défini, contrôlé et financé à égalité par l'ensemble des partenaires. Finalement, la gestion d'IMS sera proche de celle des programmes de recherche européens comme *Esprit* ou *Brite* : chaque projet sera cofinancé par les industriels et les pays concernés (en Europe, le financement sera assuré par la Communauté). Le vrai démarrage d'IMS pourrait avoir lieu au début de l'année prochaine, au vu des premiers résultats obtenus au sein des projets pilotes.

(1) La Communauté européenne plus l'Autriche, la Finlande, la Norvège, la Suède et la Suisse.





Et si, demain, le gaz naturel était aussi facile à transporter que le pétrole ?

**Energie**

## Le méthanol, avenir du gaz naturel ?

**Deux nouveaux procédés de transformation du gaz naturel en méthanol pourraient, s'ils tiennent leurs promesses, bouleverser la donne énergétique mondiale.** A la fin des années soixante, lorsqu'un forage pétrolier tombait sur un réservoir de gaz naturel (méthane), la déception était grande. Les pétroliers voulaient du pétrole, pas du gaz. Celui-ci était donc brûlé. La situation a bien changé. Le gaz naturel est aujourd'hui une source d'énergie en plein essor. En 1991, la production mondiale a atteint 1 772 Mtep (millions de tonnes équivalent pétrole), contre 3 138 pour le pétrole.

**Les usages du gaz se répartissent entre la production d'électricité et le thermique industriel.** Le gaz naturel (essentiellement du méthane, de formule  $\text{CH}_4$ ) est un combustible relativement propre : il émet moins de gaz carbonique que le pétrole, et l'on sait le désulfurer totalement. Revers de la médaille, les lieux de production (Sibérie, Canada, Amérique latine, Océanie, sans oublier le Golfe) sont éloignés des lieux de consom-

mation. Un inconvénient majeur pour le méthane, dont le transport est très onéreux. Il faut soit le transporter par gazoduc (pour le gaz sibérien, par exemple), soit le liquéfier à  $-160^\circ\text{C}$  pour le transporter par bateau. Dans ce dernier cas, on doit construire une usine de liquéfaction (plusieurs milliards de francs), se doter de méthaniers et de terminaux de réception. Le coût du transport maritime constitue environ 30 % du prix final de la cargaison dans le cas du méthane (gaz naturel liquéfié, GNL), contre seulement 5 % pour le pétrole. Pour utiliser plus largement le gaz naturel, il faudrait donc trouver un moyen de le transporter à moindre coût. Une solution serait de le transformer en méthanol (le plus simple des alcools, de formule  $\text{CH}_3\text{OH}$ ), facile à transporter, pour ensuite le retransformer en méthane (on peut aussi utiliser ce méthanol en l'état, ou bien en faire du MTBE, ou méthyltertiobutyléthér, un additif pour supercarburants). Mais il faudrait pour cela disposer d'un procédé simple et peu

onéreux, sinon on n'aura fait que déplacer le problème.

**Afin d'obtenir du méthanol, de l'éthane ou de l'éthylène à partir de méthane,** les chimistes doivent ne casser qu'une liaison carbone-hydrogène, sans toucher au reste de cette molécule. L'ennui, c'est que le méthane est plutôt inerte, ou alors, à haute température, franchement combustible. Ils sont donc obligés de prendre des chemins détournés, comme le "vaporeformage". Cette réaction du méthane avec de la vapeur d'eau à  $900^\circ\text{C}$ , sous une pression de 20 bars, permet de produire du gaz de synthèse (mélange de monoxyde de carbone et d'hydrogène), à partir duquel on peut produire relativement simplement du méthanol. La première étape de "vaporeformage" consomme beaucoup d'énergie et le procédé revient donc cher.

Une voie directe d'oxydation qui produirait du méthanol, ou tout au moins un gaz de synthèse, à bien meilleur marché, voilà qui serait l'idéal. Deux équipes américaines, qui ont présenté leurs tra-



vaux dans un récent numéro de la revue *Science* (volume 259, p. 340-346), semblent avoir trouvé la solution. Le premier de ces articles émane de chercheurs de la société américaine Catalytica. Avec leur procédé, le méthane est transformé en un dérivé méthylé, lui-même ensuite converti en méthanol. Pour réussir cette cascade de réactions, les chercheurs utilisent de l'acide sulfurique pur et du mercure. Ces produits participent à la réaction mais sont ensuite recyclés. Une partie du méthane est perdue sous forme de gaz carbonique.

Le rendement élevé (43 %) et la température de réaction assez faible (180 °C) sont les grands atouts de cette méthode. L'utilisation de mercure est en revanche un handicap : même recyclé dans le procédé, ce métal lourd reste une menace permanente pour l'environnement.

Le second procédé, mis au point par des chercheurs de Dow Chemical et de l'université du Minnesota, produit directement du gaz de synthèse par oxydation du méthane. Il faut utiliser pour cela un catalyseur, c'est-à-dire un composé qui va casser les molécules de départ (méthane, oxygène) et réarranger les atomes en des molécules nouvelles (monoxyde de carbone, hydrogène). Le catalyseur – rhodium ou platine supporté par une mousse d'alumine – n'est pas modifié par cette réaction. La température de réaction se situe entre 850 et 1 150 °C. Les rendements et la sélectivité annoncés sont également élevés, et le procédé est simple.

Mais attention, il s'agit dans les deux cas de travaux de laboratoire. Il faudra plusieurs années avant de voir une réalisation industrielle (si elle voit jamais le jour). Ce n'est qu'alors qu'on pourra juger de la viabilité économique de ces procédés.

Christian Guyard

## L'aube des mémoires atomiques

**Si l'on pouvait construire et faire fonctionner des mémoires au niveau atomique**

(chaque atome représenterait 1 bit d'information), une puce de 1 cm<sup>2</sup> suffirait alors à stocker toute l'information contenue dans les pages d'un journal quotidien d'environ 40 pages durant six cents ans ! De quoi faire phosphorer les industriels japonais, qui ont à défendre leur titre de champions mondiaux des puces mémoires et leur réputation de chercheurs sur le long terme. Depuis que des scientifiques d'IBM ont réussi à dessiner le logo de leur compagnie avec des atomes de xénon déposés un par un sur une surface de nickel avec la pointe d'un microscope à effet tunnel (voir *Science & Vie* n° 893, p. 30), les ingénieurs rêvent de construire des "nanostructures" (de l'ordre du nanomètre, soit du millionième de millimètre), atome par atome. Applications visées : puces ultraminiaturisées, matériaux sur mesure, etc. On en est encore très loin. Déplacer un seul atome peut prendre des heures.

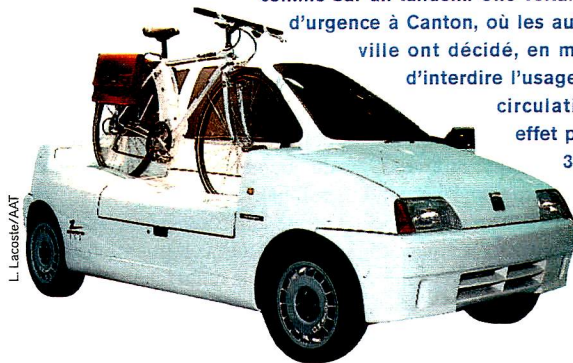
Cela n'empêche pas la recherche japonaise – publique et privée – de consacrer d'importants moyens à ces études futuristes. L'institut na-

tional de recherche physique et chimique a ainsi lancé un "projet d'ingénierie atomique" qui a déjà débouché sur une performance : les chercheurs nippons sont désormais capables de réparer un défaut ponctuel à la surface d'un cristal de silicium (matière première de la microélectronique) en déposant un atome de silicium juste au bon endroit.

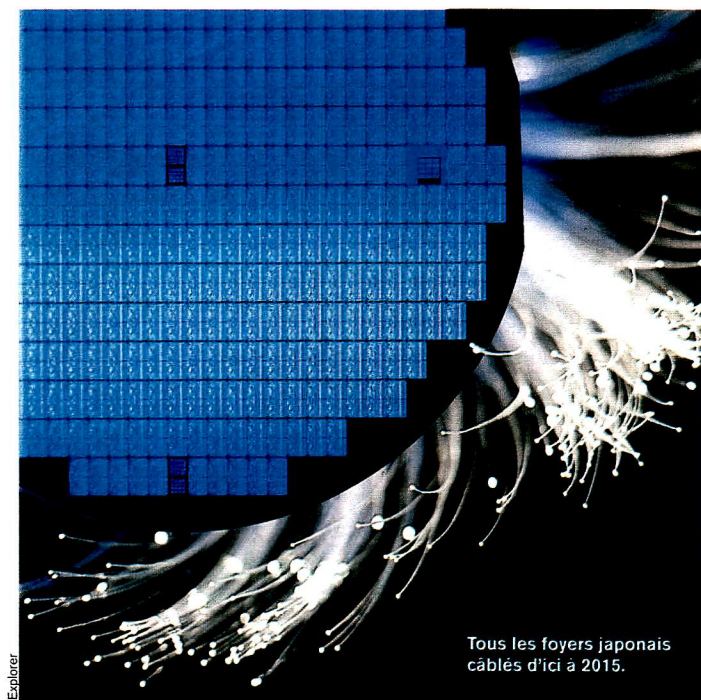
Au centre d'ingénierie ionique, qui mène avec l'université d'Osaka des recherches équivalentes, la précision d'intervention est moins grande mais les applications visées semblent plus réalistes. Ses chercheurs ont réussi à creuser sur des films minces (à base de sélénium) des "nano-trous" d'un diamètre de 3,5 nanomètres, soit le diamètre de quelques atomes. À côté d'eux, les trous gravés à la surface des disques compacts (CD-audio, CD-ROM) sont des monstres... Gravés avec des "nano-trous", les disques optiques pourraient emmagasiner de 1 000 à 100 000 fois plus d'informations. La discothèque du mélomane le plus exigeant tiendrait alors sur une seule rondelle ! Nul ne sait cependant quand cette technique de nanogravure sera industrialisable... si elle l'est un jour.

## Et maintenant, le "vélauto"

● Avec sa Z-ECO, version "écologique" de la Fiat Cinquecento, le designer italien Zagato a cherché à réconcilier l'auto et le vélo. L'habitacle accueille deux personnes, installées l'une derrière l'autre comme sur un tandem. Une voiture à expédier d'urgence à Canton, où les autorités de la ville ont décidé, en mars dernier, d'interdire l'usage du vélo. La circulation y est en effet paralysée par 3 millions de bicyclettes et 220 000 motos...



L. Lacoste/AAT



Explorer

Tous les foyers japonais câblés d'ici à 2015.

**Fibres optiques**

## Un réseau à 2 000 milliards de francs

**Câbler tous les foyers du Japon en fibres optiques d'ici 2015 : c'est l'objectif que vient de se fixer Nippon Telegraph and Telephone (NTT).** Le réseau en cuivre actuel ne peut véhiculer qu'un nombre limité d'informations (les ingénieurs disent que sa "bande passante" est étroite), ce qui restreint son usage au service téléphonique classique et aux transferts de données numériques à bas débit, la photocopie, par exemple.

Avec la fibre de verre, dans laquelle l'information circule sous forme d'impulsions de lumière, la bande passante s'élargira considérablement : le réseau téléphonique deviendra autoroute numérique. La nouvelle infrastructure pourra ainsi relayer de nouveaux services : télévision à la carte, télématique

multimédia (le texte plus l'image et le son), transmission d'images de haute résolution, visiophone, transferts de fichiers informatiques à haute vitesse, etc.

NTT se donne vingt-deux ans pour rénover son réseau. Toute la région de Tokyo devrait cependant être câblée dès 1995. L'addition sera lourde : 45 000 milliards de yens, soit environ 2 000 milliards de francs. De quoi construire vingt-cinq tunnels sous la Manche ! Il faudra non seulement remplacer les fils de cuivre par des fibres de verre (22 % du coût), mais aussi convertir au numérique tous les équipements du réseau (à peu près autant). Le reste des investissements sera consacré aux travaux de voirie, au développement de logiciels et à la recherche.

## La recherche communautaire critiquée

● Les programmes de recherche lancés par la Communauté européenne depuis 1984 n'ont pas aidé l'Europe à accroître son potentiel technologique, mais ont, au contraire, freiné son développement. Telle est la conclusion d'une étude du European Policy Forum (un organisme anglais) publiée en avril dernier. Les Britanniques, il est vrai, jugent l'action de Bruxelles dans le domaine de la recherche technologique trop coûteuse et pas assez fondamentale. L'enveloppe de la recherche communautaire pour la période 1994-1998 devrait être de 86 milliards de francs, soit moins de 4 % de la totalité des crédits publics alloués à la recherche dans les douze Etats membres.

## 200 MIPS sur une puce

● Le microprocesseur ("ordinateur sur une puce") le plus rapide n'est ni américain, ni japonais, mais européen. C'est le T9000 de la société anglaise Inmos, filiale du groupe franco-italien SGS-Thomson. Cette nouvelle version de son célèbre Transputer exécute jusqu'à 200 millions d'instructions par seconde (200 MIPS). La puce d'Inmos réunit pas moins de 3,3 millions de transistors sur 2 cm<sup>2</sup>. Le microprocesseur Alpha (200 MIPS également) de l'américain Digital Equipment lui dispute sa couronne, mais le T9000 possède un atout supplémentaire : il dispose, en plus de la partie processeur, de mémoire et de circuits de communication.

## Le premier jet américano-russe

● Fruit de la collaboration du constructeur Ilouchine et de dix-huit entreprises américaines, l'IL-96M peut transporter jusqu'à 311 passagers sur un rayon de plus de 10 000 kilomètres. Concurrent des Boeing 767 et 777, de l'Airbus 340 et du Mac Donnell Douglas MD-11, cet avion sera mis en service en 1995.



## La Creuse à l'heure du télétravail

**Le premier centre de téléarchivage français vient d'être inauguré à Guéret (Creuse).** Outre l'archivage à distance de fichiers informatiques, ce centre effectue à la demande la numérisation de documents de tous formats, plans cadastraux ou architecturaux par exemple. Principaux intéressés : les collectivités locales, les PMI et les bureaux d'étude.

En projet, la mise en place d'un système d'informations géographiques pour la gestion informatique de toutes les données relatives aux cadastres, aux réseaux d'électricité et de téléphone, aux conduites d'eau et de gaz, ou bien encore à la voirie.

Le centre de Guéret archive ses données sur des disques optiques d'une capacité de 5,6 milliards d'octets (un octet équivaut à un ca-

ractère). Cette installation, d'un coût de 400 millions de francs, est le fruit d'un partenariat entre France Telecom et la Datar en vue de développer le télétravail. L'archivage à distance devrait en effet permettre à certains professionnels de travailler à domicile : grâce à un micro-ordinateur équipé d'une carte d'accès au réseau Numéris (1) et d'un logiciel de consultation de base de données, ceux-ci pourront accéder (7 jours sur 7, et 24 heures sur 24) aux informations de leur entreprise, les traiter et retransmettre le fruit de leur travail.

Selon ses promoteurs, au premier rang desquels France Telecom, le télétravail concourra à un désengorgement des centres urbains et une redynamisation du milieu rural. Perspective illusoire, rétorquent de nombreux experts, qui es-

timent que le télétravail n'a guère d'avenir en dehors de quelques applications bien précises (secrétariat, traduction ou développement de logiciel). France Telecom, pour qui le "travail électronique à domicile" est un joli marché (Numéris en serait le vecteur idéal), n'en rajoute-t-elle pas un peu dans son éloge du travail à distance ?

L'expérience de Guéret, qui est soutenue par la CEE (programme *Leader*), la région Limousin, le département de la Creuse et la ville, permettra peut-être de départager optimistes et sceptiques.

Olivier Jacquinot

(1) Le Réseau numérique à intégration de services permet d'acheminer des communications sous forme numérique sur des prises téléphoniques conventionnelles, à une vitesse de 64 kilobits par seconde (pouvant être multipliée par l'utilisation de lignes couplées).

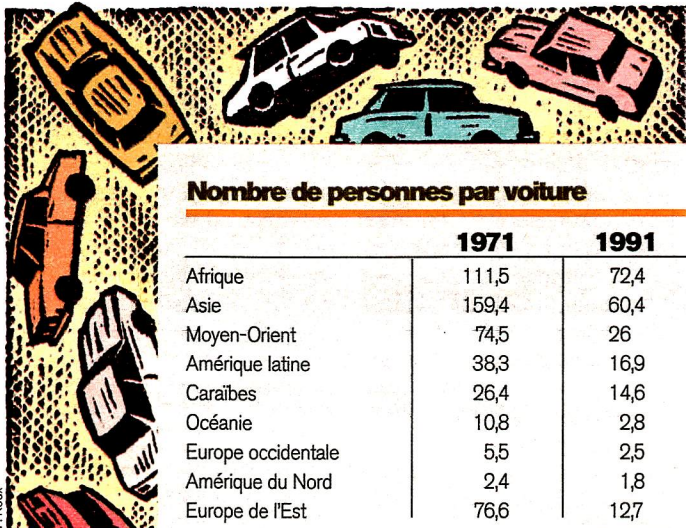
## Automobile

## Toujours plus de voitures

En 1971, on comptait dans les pays alors dits "d'outre-Rideau de fer" 76,6 personnes par voiture. Vingt ans plus tard, on n'en compte plus que 12,7 dans les pays dits de l'Europe de l'Est. C'est-à-dire que ces proportions ont été à peu près divisées par six – et encore, compte non tenu de l'accroissement démographique.

Faut-il s'en féliciter ? Pour le niveau de vie de nos voisins, sans doute. Pour la pollution de l'air, c'est une autre affaire. Car l'Europe de l'Est n'est pas la seule à recevoir sous cette forme un supplément d'imbrûlés (comme en témoigne le tableau ci-contre).

G. M.



**Consommation**

## La diversité victime de la crise

**Plusieurs constructeurs automobiles japonais vont réduire le nombre de leurs modèles et de leurs pièces détachées afin d'abaisser leurs coûts de production.** Nissan, qui exploite plus de 300 modèles différents de moteurs, va ramener ce nombre à 200 d'ici à mars 1998. De son côté, Honda réduira de 25 % le nombre total de ses composants (moteurs,



La  
Snap Video  
Camera de Panasonic.

volants, conditionneurs d'air, etc.) dans les trois prochaines années.

L'événement est d'importance : les constructeurs japonais avaient fait de la variété un de leurs

atouts. Mais cette diversité a un coût (en matière d'organisation de la production, de gestion de stocks, etc.) que l'industrie automobile, en pleine crise, cherche désormais à réduire. En Europe, Renault s'est lui aussi converti à la "non-diversité" avec sa Twingo, dont le nombre de modèles et d'options a été réduit au maximum <sup>(1)</sup>.

Pour les mêmes raisons, mais aussi pour proposer des produits plus simples d'emploi, les industriels de l'électronique grand public commencent à faire la chasse aux fonctions inutiles ou peu utilisées. Matsushita (via sa filiale Panasonic) et Fuji viennent ainsi de mettre sur le marché deux modèles "simplifiés" de caméscopes, respectivement la Snap Video Camera (format VHS)

et le Fuji Simple-Hi8 (format 8 mm). Ces appareils, d'un prix inférieur à 4 000 F, ont été "épluchés" de tous ces gadgets qui encombrant aujourd'hui tant de caméscopes, et dont de nombreux utilisateurs ignorent parfois jusqu'à l'existence. Résultat : des produits avec moins de boutons, plus simples à utiliser, et correspondant mieux aux besoins de la majorité des clients.

Pour démontrer que son appareil est vraiment, mais alors vraiment, simple à utiliser, Matsushita s'apprête à faire descendre une centaine de ses employés dans les rues de Tokyo et d'Osaka pour présenter l'appareil aux passants. Car si même une femme...

(1) *Science & Vie* n° 907, p. 112.

**A L'ÉPREUVE DU MARCHÉ**

## Télépéage : Big Brother prend la route

**Et si demain l'usage des routes était facturé au kilomètre, avec une tarification variable en fonction de la densité du trafic,** la circulation aux heures de pointe coûtant par exemple 50 % de plus qu'aux heures creuses ? Chaque mois ou bimestre, l'automobiliste recevrait, comme tout abonné au téléphone, une facture. Sa "facture routière". Après tout, pensent aujourd'hui certains économistes, la route est une "ressource" dont la gestion serait sans doute facilitée par une application pure et simple des lois du marché : qui roule paie. Mais tout le monde ne l'entend pas de cette oreille : peut-on asservir la sacro-sainte liberté de déplacement aux moyens financiers des individus ? Vaste débat. Tenons-

nous en à ses aspects techniques. De ce point de vue, aucun obstacle ne s'oppose à ce scénario de péage routier en continu avec modulation des tarifs. Sur les autoroutes françaises, des installations dites de première génération permettent déjà aux automobilistes de s'acquitter de leur péage sans s'arrêter grâce à la lecture à distance d'un badge à puce <sup>(1)</sup>. Plus de cinquante sites autoroutiers sont actuellement équipés de tels systèmes de "télépéages". Le nombre d'abonnés reste limité en raison du caractère local de ces expérimentations : 50 000 sont prévus pour la fin 1993, dont plus de 20 000 pour la seule autoroute Esterel-Côte d'Azur. Ces systèmes de première génération n'ont d'autre ambition que de

faciliter les opérations de paiement et, partant, d'accroître le débit aux postes de péages : 800 véhicules à l'heure, contre 250 traditionnelle. Cependant, l'Union des sociétés d'autoroutes à péage (USAP) et la société privée Cofiroute viennent de franchir un nouveau pas en adoptant un système commun de télépaiement, dit de deuxième génération, à badge non plus passif mais inscriptible et à mémoire. Ce dispositif permettra une gestion décentralisée des opérations, alors que les systèmes de première génération (sans mémoire) nécessitaient une gestion centrale. Les premiers démonstrateurs sont attendus vers 1994, en vue d'une installation progressive de ces systèmes à partir de 1995.



**Ces équipements associeront un boîtier de transmission et une carte à puce.** Au péage, une antenne communiquera avec le lecteur embarqué, à la vitesse de 250 kilobits à 1 mégabit par seconde. La transaction ne durera que 30 millisecondes, la capacité d'échange ne sera pas utilisée totalement ; elle pourrait être affectée à d'autres services, par exemple la transmission d'informations routières.

«Avec ce système, les routiers et autres grands rouleurs pourront entrer sur l'autoroute à Calais et ressortir à Bayonne sans jamais s'être arrêtés à un péage, affirme Michel Burdeau, délégué général de l'USAP. En attendant de pouvoir circuler ainsi en Italie et en Es-

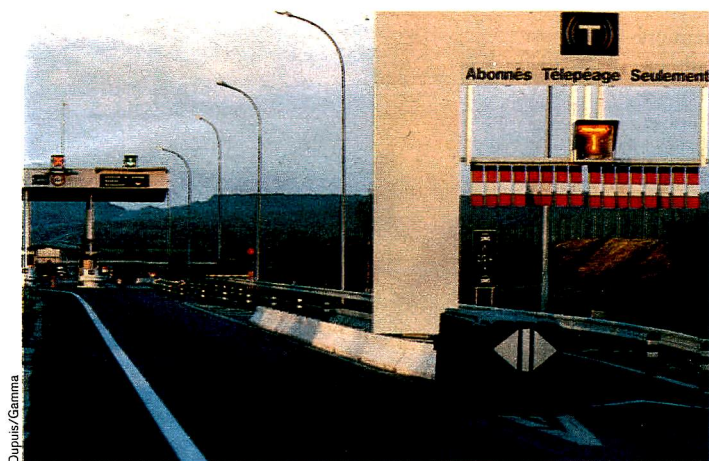
pagne. Si la France n'en est pas encore à ce stade – de beaucoup s'en faut – d'autres pays s'en rapprochent à grande vitesse. La Hollande a récemment caressé l'idée d'un télépéage généralisé pour la région de Tandstadt, couvrant à l'ouest du pays les zones de Rotterdam, Amsterdam, La Haye et Utrecht. Projet aujourd'hui en stand-by ; mais la croissance de la circulation et la préoccupation croissante pour l'environnement pourraient le réactiver demain.

A Singapour, il est prévu d'ici trois ans de "filtrer" toute la circulation urbaine au moyen d'une trentaine de portiques de contrôle, qui communiqueront avec les transpondeurs installés d'ici là dans les

amendes (grâce au relevé vidéo des plaques minéralogiques). Le transpondeur embarqué servira également au paiement automatique des taxes de parkings (prévus en périphérie) pour ceux qui préféreront les transports en commun.

**Ce scénario, très "orwellien", pose évidemment le problème de la protection de la vie privée :** risque-t-on demain d'être suivi à la trace par une batterie d'ordinateurs et de capteurs électroniques ? En France, la Commission nationale informatique et libertés veille. A Singapour, dont le régime plutôt autoritaire est allé, il y a peu, jusqu'à interdire la consommation de chewing-gum, Big Brother se sentira peut-être plus à l'aise.

Didier Gout ■



Dupuis/Gamma



G. Klein/SIPA/ECO

**L'usage du télépéage est aujourd'hui limité aux autoroutes. Demain, il gagnera la ville. Déjà, Singapour s'y prépare.**

pagne.» Ce projet a été conçu en concertation avec des sociétés d'autoroutes à péage de ces deux pays. Cette nouvelle génération permettra également de prendre en compte la modulation horaire du montant des péages, déjà pratiquée sur certains tronçons très fréquentés (2). Avec l'électronique, on peut même imaginer une tarification évoluant en temps réel en fonction du nombre de véhicules en circulation sur l'autoroute ou la voie urbaine concernée. Une cotation en continu, en quelque sorte, en fonction de l'«offre» et de la «demande».

1 300 000 véhicules de l'agglomération. D'un coût d'environ 300 millions de francs, ce système de péage dynamique, dit de troisième génération, sera conçu de manière à facturer aux automobilistes l'usage réel qu'ils feront des infrastructures. Une seule antenne, placée au-dessus d'un portique, pourra identifier simultanément des véhicules circulant sur des voies différentes. Chaque voiture, dès qu'elle entrera en ville, sera ainsi placée sous monitoring. L'automobiliste recevra régulièrement sa note de transport et éventuellement... ses

(1) Un transpondeur embarqué sur le véhicule renferme le code personnel de l'automobiliste. Au poste de péage, la télélecture est effectuée par le biais d'ondes électromagnétiques qui, en activant le transpondeur, renvoient vers l'antenne de réception un signal modulé par ce code.

(2) Aux Etats-Unis, des systèmes de télépéage de deuxième génération, en cours d'étude, permettront même une facturation prenant en compte le nombre d'occupants des voitures (plus ils seront nombreux, moins les taxes seront élevées) afin de favoriser le *car pooling*, ou déplacements groupés de personnes se rendant chaque jour d'une même banlieue au centre-ville où elles travaillent.



# Le piège se referme sur l'antimatière

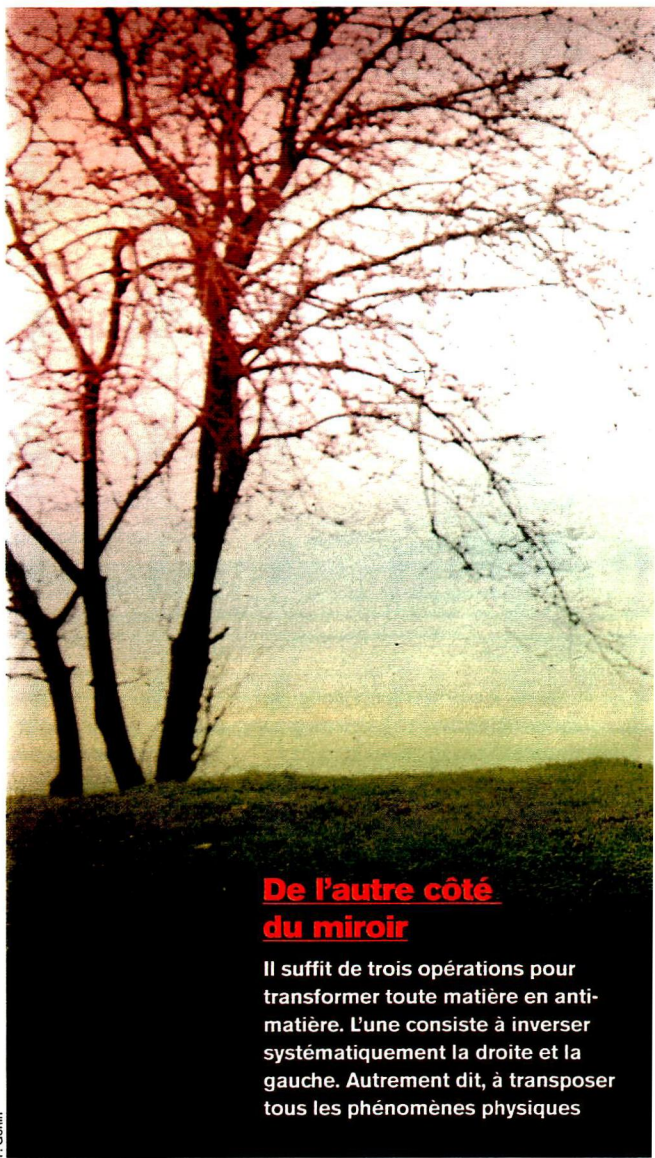
PAR DANIEL TARNOWSKI

**M**algré le parfum de science-fiction qui s'attache à son nom, l'antimatière est quelque chose de bien réel. «Cela existe», souligne John Eades, du CERN (Laboratoire européen de physique des particules). L'antimatière n'est pas une chimère tapie dans un monde parallèle ou une dimension inconnue de l'espace-temps. Elle fait partie intégrante de la réalité, au même titre que la matière "ordinaire".

Mieux, son existence est une conséquence naturelle des lois physiques, comme l'a montré Paul Dirac dans les années trente. A l'époque, ce physicien anglais cherchait l'équation décrivant de façon quantique et relativiste le comportement d'un électron. Mais, ô surprise, l'équation qu'il trouva avait deux solutions. La première répondait effectivement au but recherché : la description d'un électron. La seconde, elle, ne correspondait à rien de connu jusque-là.

Le trait de génie de Dirac a été d'associer cette mystérieuse solution à «une nouvelle sorte de particule, inconnue en physique expérimentale, de même masse qu'un électron et de charge opposée. Nous pouvons appeler une telle particule un antiélectron», écrivait-il en 1931, c'est-à-dire un an avant sa découverte – accidentelle, au demeurant – par Anderson.

Soixante ans plus tard, le résultat établi par Dirac reste valable. Et les physiciens espèrent enfin créer en laboratoire le premier antiatome : le plus simple édifice d'antimatière, l'antihydrogène – composé uniquement d'un antiélectron et d'un antiproton. Sa fabrication a longtemps été considérée comme une tâche impossible. Un rêve inaccessible. Aujourd'hui, elle est en passe de devenir une réalité. D'après les spécialistes, ce n'est plus qu'une question d'années. «Entre cinq et dix ans», affirme John Eades. La partie n'est pas pour autant gagnée ▶



## **De l'autre côté du miroir**

Il suffit de trois opérations pour transformer toute matière en antimatière. L'une consiste à inverser systématiquement la droite et la gauche. Autrement dit, à transposer tous les phénomènes physiques

F. Gouin



**La symétrie la plus fondamentale du monde physique est celle qui relie matière et antimatière. Pour la tester, les chercheurs se sont lancés dans la fabrication d'antiatomes : des édifices qu'ils doivent construire de toutes pièces, avec des "briques" élémentaires d'antimatière.**



pour les rendre identiques à leur image vue dans un miroir. Une autre inverse toutes les charges des particules. Ce qui est symbolisé sur cette photo par l'image en négatif, dans le miroir précisément. La troisième opération, elle, n'apparaît pas ici. Elle revient en effet à inverser le sens du

déroulement du temps. Sous l'effet de ces trois opérations successives, matière et antimatière sont parfaitement symétriques l'une de l'autre. C'est du moins ce que les physiciens entendent vérifier en fabriquant le premier et le plus simple des antiatomes : celui d'antihydrogène.

*suite de la page 49*

d'avance. En effet, matière et antimatière ne peuvent cohabiter. Dès qu'elles se rencontrent, l'une et l'autre se détruisent mutuellement : elles s'annihilent – c'est le terme consacré – en donnant naissance à une bouffée de rayonnement.

Il faut commencer par créer ces antiélectrons et ces antiprotons, puis les stocker, les mettre en contact, former l'antihydrogène et le conserver. Un travail d'orfèvre, à réaliser en l'absence de toute trace de matière – c'est-à-dire dans les meilleures conditions possibles de vide – sous peine d'en voir disparaître le résultat.

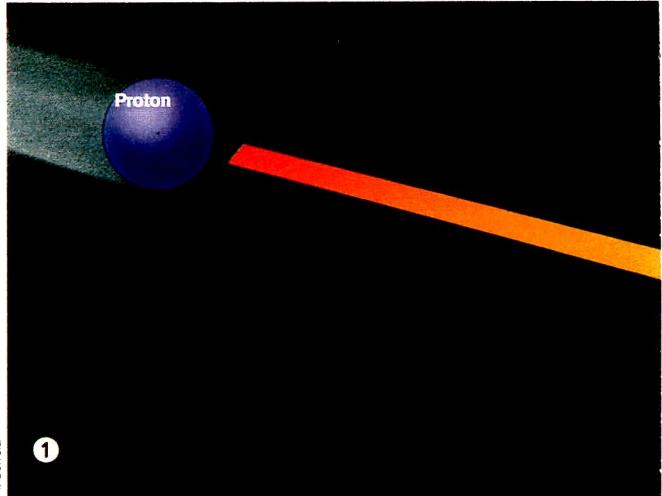
Le but de l'opération est de déterminer les propriétés de l'antihydrogène et de les comparer avec celles des atomes d'hydrogène. Une telle comparaison s'impose en effet entre ces deux systèmes, respectivement les plus simples édifices atomiques et antiatomiques. Le banc d'essai idéal pour tester la symétrie qui relie matière et antimatière. Une symétrie considérée actuellement comme la plus fondamentale du monde physique.

Cette symétrie repose sur trois grandes caractéristiques du couple matière-antimatière : deux points communs et une différence. Toute l'histoire de l'antimatière, depuis sa découverte jusqu'à nos jours, tourne autour de ces trois clés que les physiciens ont découvertes et qu'ils cherchent maintenant à mieux comprendre avec la fabrication d'antihydrogène. Quelles sont ces trois clés ?

**Le premier point commun entre matière et antimatière est leur aspect corpusculaire.** Celui-ci est évident pour la matière ordinaire. On sait qu'elle est constituée de corpuscules : électrons, protons, neutrons et autres particules plus ou moins "exotiques" (neutrinos, muons, pions, kaons, etc.).

L'antimatière se présente sous le même aspect. Elle se manifeste sous la forme d'antiélectrons, d'antiprotons, d'antineutrinos et autres antiparticules. L'antiélectron a donc été observé le premier, en 1932, par le physicien américain Carl Anderson. L'antiproton a été "vu" pour la première fois en 1955, par Owen Chamberlain, Emilio Segrè, Tom Ypsilantis et Clyde Wiegand, à l'université de Berkeley, aux États-Unis. Plus généralement, les expériences ont montré qu'à chaque particule connue correspond une antiparticule spécifique.

Deuxième point commun : la masse. Un électron et un antiélectron, par exemple, ont deux masses identiques ; c'est-à-dire qu'ils "pèsent" le même poids. Il en est de même pour un proton et un antiproton et pour tout couple particule-antiparticule. Soulignons que les antiparticules ont bien une masse et non une antimasse. Encore une fois, ce sont des objets tout à fait réels – massifs –, au



I. Correlia

même titre que les particules ordinaires.

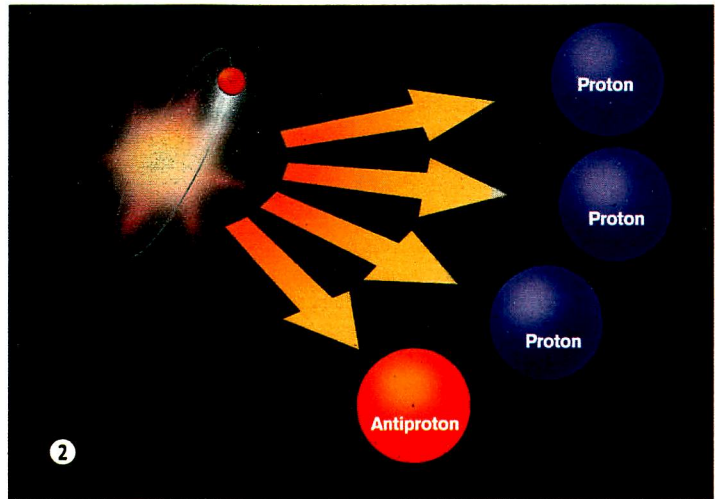
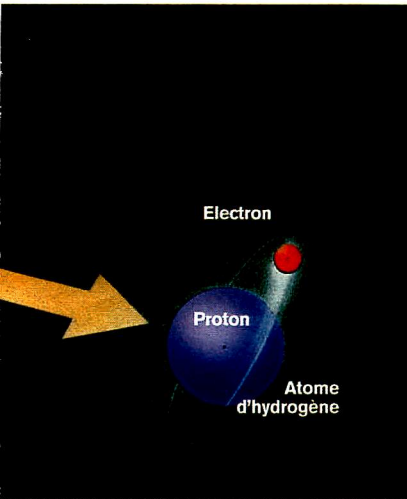
Même aspect corpusculaire, même masse ; reste la troisième clé : la différence qui oppose matière et antimatière. Au premier abord, elle se manifeste dans le fait que particules et antiparticules ont des charges inversées. L'électron, par exemple, possède une charge électrique négative. L'antiélectron, une charge positive (c'est pourquoi on l'appelle aussi "positron"). Le proton, lui, a une charge positive ; celle de l'antiproton est négative. Et ainsi de suite entre chaque particule et l'antiparticule qui lui correspond. Cette inversion des charges n'est que le premier maillon d'une loi de symétrie plus générale entre matière et antimatière. Nous y reviendrons, car la fabrication d'antihydrogène vise précisément à vérifier la nature de cette symétrie.

Comment produire de l'antimatière ? Par conversion d'énergie, tout simplement. La masse ( $m$ ) est en effet une forme d'énergie ( $E$ ) : c'est ce que traduit la célèbre formule d'Einstein,  $E = mc^2$ . Cette formule indique combien coûte en énergie la création d'une "brique" élémentaire de matière ou d'antimatière. Le montant de la facture s'élève par exemple à environ 1 GeV (gigaélectronvolt) pour un proton ou un antiproton.

Malgré le préfixe giga (qui signifie un milliard), il faut bien voir qu'il s'agit là d'une quantité infime d'énergie. Rien qu'en frappant deux cailloux l'un contre l'autre, on peut libérer une énergie de quelques joules (1 joule vaut environ 60 milliards de GeV), soit de quoi produire plusieurs dizaines de milliards de protons et d'antiprotons.

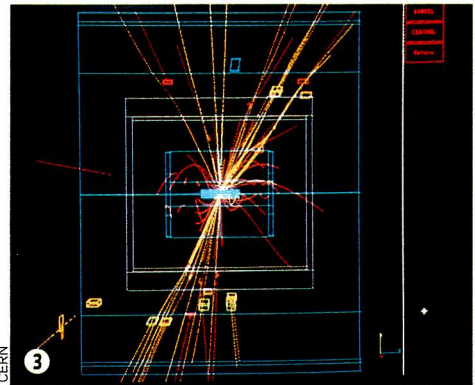
Mais la formule  $E = mc^2$  ne dit pas tout. Il faut aussi tenir compte de l'aspect corpusculaire de la matière et de l'antimatière. Fournir la quantité requise d'énergie ne suffit pas pour créer des particules et des antiparticules. Cette énergie doit





### **La création d'une antiparticule...**

En laboratoire, elle se produit lors de collisions où une partie de l'énergie cinétique d'un projectile est convertie en masse. Ainsi, si un proton accéléré vient "cogner" le proton d'un atome d'hydrogène au repos ❶, l'énergie libérée dans cette collision est suffisante pour créer une paire proton-antiproton ❷. Au total, cette énergie se retrouve ainsi répartie entre quatre corpuscules : les deux protons initiaux, auxquels s'ajoutent le proton et l'antiproton créés dans le choc.



### **... et son annihilation**

C'est le processus inverse : lorsqu'elles se rencontrent, une particule et son antiparticule se détruisent mutuellement en libérant une bouffée d'énergie. Celle-ci est convertie aussitôt en de nouvelles particules et en rayonnement. De telles réactions sont provoquées en laboratoire avec des projectiles accélérés à des vitesses proches de la lumière. C'est le cas, par exemple, au CERN (Laboratoire européen de physique des particules). L'énergie convertie en masse est alors nettement plus élevée que dans une annihilation entre deux partenaires au repos. Elle donne naissance à des particules et antiparticules "lourdes" et fortement instables qui n'existent pas dans la nature mais sont identifiées par les traces qu'elles laissent dans des détecteurs. Celui de l'expérience Delphi nous permet de "voir" sur cette reconstitution par ordinateur ❸ le fruit éphémère d'une annihilation entre un électron et un positron à très haute énergie.

également être bien "concentrée" dans l'espace pour se prêter à ce jeu. Or, si l'on revient à l'exemple de nos deux cailloux, on s'aperçoit que l'énergie libérée par leur choc est en réalité dispersée sur une bonne partie de leur surface, soit une étendue énorme à l'échelle des atomes et des particules. Au bout du compte, il en résulte une concentration locale d'énergie insignifiante : de très loin insuffisante pour une matérialisation ou une "antimatérialisation" de corpuscules. Pour convertir de l'énergie en nouvelles particules et antiparticules, ce ne sont pas des cailloux que les physiciens utilisent – c'est évident –, mais des faisceaux de particules accélérées. En dirigeant ces projectiles directement sur une cible, ou en provoquant des collisions frontales entre deux faisceaux de particules, ils peuvent ainsi libérer une énergie suffisamment concentrée pour être convertie en "briques" élémentaires de matière ou d'antimatière. C'est d'ailleurs devenu aujourd'hui

*suite de la page 51*

l'un de leurs passe-temps favoris. Plus la vitesse des projectiles est grande, plus la quantité d'énergie libérée par collision est élevée, et plus la masse des corpuscules créés est importante.

L'antimatière ainsi créée est toutefois une denrée éminemment périssable. Elle disparaît en effet par transformation inverse de masse en énergie. C'est là son aspect le plus spectaculaire et sans doute le plus déroutant. Lorsqu'une particule et son antiparticule se rencontrent – électron-positron ou proton-antiproton, par exemple – toutes deux se détruisent mutuellement. Elles disparaissent en convertissant toute leur masse en énergie. Cette énergie ne s'envole toutefois pas : elle se rematérialise aussitôt en d'autres particules (de masse plus faible) et en rayonnement.

De telles réactions sont dites d'annihilation. Elles se produisent spontanément, c'est-à-dire qu'il n'est pas possible d'empêcher leur déroulement. C'est pourquoi on n'observe pas d'antimatière dans la vie quotidienne. Même si des phénomènes physiques naturels (comme la radioactivité) ou artificiels (collisions de particules) lui donnent naissance, l'antimatière disparaît avec la matière dès que l'une et l'autre se retrouvent en contact.

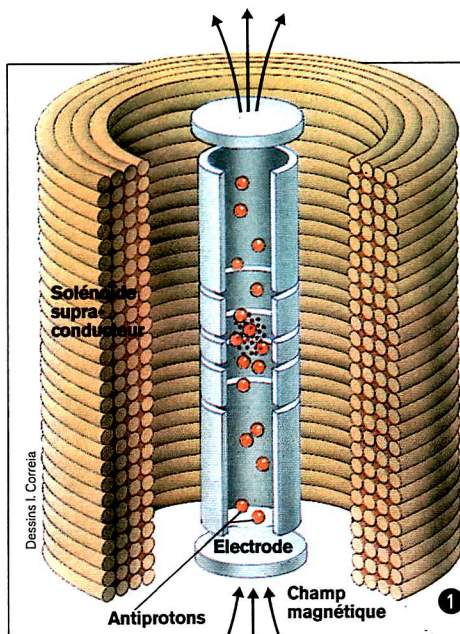
**Pourquoi matière et antimatière s'annihilent-elles ? Tout simplement parce qu'elles sont produites ensemble.** L'annihilation n'est rien d'autre, en effet, que le processus inverse de la production de particules et d'antiparticules. La conversion d'énergie en masse fonctionne dans les deux sens. Dans la production, l'énergie est convertie en masse. Dans l'annihilation, la masse est convertie en énergie.

En fin de compte, c'est cette conversion qui est spectaculaire et étonnante. Et non l'annihilation en elle-même. Les charges opposées d'une particule et de son antiparticule ouvrent simplement la voie dans les deux sens et permettent à cette conversion d'avoir lieu en respectant des lois de conservation générales comme celle de la charge électrique.

Et l'antihydrogène ? Le plus simple des antiatomes est formé d'un antiélectron, en orbite autour d'un antiproton. Les expériences visant à le fabriquer marquent une nouvelle étape dans la saga de l'antimatière, dans la mesure où la démarche est radicalement différente des précédentes.

En effet, la production simple d'antiparticules repose sur l'utilisation aveugle de la force brute. On provoque les collisions les plus violentes, de façon à libérer le maximum d'énergie susceptible d'être convertie en masse. Mais dans cette conversion, le physicien se borne à jouer le rôle de spectateur : il laisse agir les forces de la nature.

En revanche, pour fabriquer un antiatome, le phy-

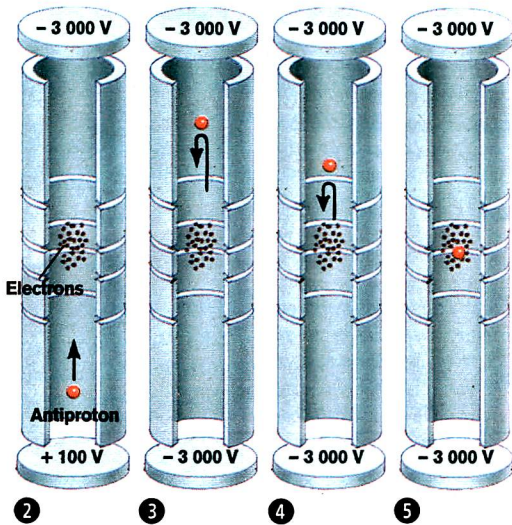


### **Le cœur du piège à antiprotons : aujourd'hui, il les capture**

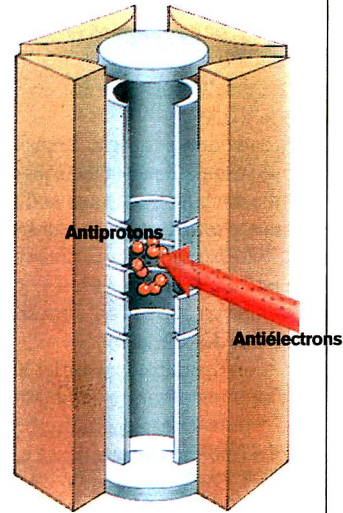
Installé au CERN, à Genève, il ne mesure que 13 cm de haut (pour 1,2 cm de diamètre) ❶. Il est alimenté en antiprotons par le LEAR, un anneau de stockage qui les décélère déjà. L'entrée du piège est une électrode métallique portée à + 100 V. En la traversant, les antiprotons subissent un premier ralentissement sous l'effet de multiples collisions avec les électrons des atomes de cette électrode ❷. À l'intérieur du piège, ils sont guidés par le champ

sicien doit intervenir et contrôler d'un bout à l'autre toute une série d'opérations plus acrobatiques les unes que les autres : domestiquer des antiparticules, les immobiliser là où elles doivent se rencontrer, "coller" l'électron sur l'antiproton et conserver l'antiatome qui, une fois formé, est neutre et donc insensible aux techniques classiques de confinement des particules chargées. Autant de défis qu'une petite communauté de physiciens est bien décidée à relever. Une centaine de ces "architectes de l'antimatière" se sont réunis à Munich l'été dernier, pour faire le point sur les résultats obtenus et les techniques à développer en vue de fabriquer et d'étudier l'antihydrogène. L'antiproton est le premier visé. En chiffres ronds, sa masse est en effet 2 000 fois plus grande que celle d'un antiélectron. Autrement dit, c'est de lui que l'antiatome hérite 99,95 % de son





magnétique du solénoïde supraconducteur vers la seconde électrode. Portée à un potentiel de  $-3\,000\text{ V}$ , celle-ci repousse tous ceux dont l'énergie est inférieure à  $3\,000$  électronvolts ②. Avant que ces antiprotons ne s'échappent, en sortant par où ils sont entrés, la nasse se ferme sur eux : l'électrode d'entrée est elle aussi portée à  $-3\,000\text{ V}$  ③. De sorte que les antiprotons oscillent d'une électrode à l'autre. Ultime raffinement : sous l'effet des collisions avec des électrons ultrafroids placés au centre de l'appareillage, les antiprotons ralentissent encore, c'est-à-dire se refroidissent. En quelques dizaines de secondes, les "températures" des uns et des autres s'équilibrent, comme celles de deux liquides qu'on mélange ④.



### **Demain, il fabriquera de l'antihydrogène**

Pour cela, on injectera des antielectrons au centre du piège (après en avoir évacué les électrons). Un appareillage devra être ajouté pour éviter que les antiatomes qui se constituent – électriquement neutres et donc insensibles à l'effet repoussoir des électrodes – ne viennent se "coller" sur les parois et s'annihiler ainsi avec les atomes.

poids. Or, juste après sa propre création, un antiproton ressemble surtout à un éléphant lancé à pleine vitesse. Il doit d'abord être domestiqué, puis immobilisé, afin qu'un antielectron puisse ensuite se "satelliser" autour de lui.

Toujours en raison de sa masse élevée, l'antiproton est aussi une "pièce détachée" relativement difficile à obtenir. Sa production demande la mise en œuvre de moyens à sa mesure, c'est-à-dire lourds. A commencer par de puissants accélérateurs de particules.

En 1981, le CERN fut le premier laboratoire à se lancer dans la production à grande échelle d'antiprotons. Le but visé était alors de réaliser des expériences de physique à très haute énergie en provoquant des collisions frontales entre des protons et des antiprotons accélérés jusqu'à des vitesses proches de celle de la lumière.

Quelques années plus tard, la même démarche était suivie au laboratoire Fermi (Etats-Unis). Toujours dans le but de réaliser des collisions protons-antiprotons à très haute énergie.

Mais pour la fabrication d'antihydrogène, il faut disposer d'antiprotons lents, presque à l'arrêt. Et seul le CERN dispose d'un anneau de stockage d'antiprotons de basse énergie : le LEAR (*Low Energy Antiproton Ring*).

Les antiprotons stockés dans le LEAR parviennent dans cet anneau au terme d'une mini-odyssée. Au départ, un faisceau de protons délivré par l'un des accélérateurs du CERN, le PS (*Proton Synchrotron*), est dirigé sur une cible (en l'occurrence, une simple feuille de métal). C'est là que les antiprotons sont produits, par conversion d'énergie à la suite des collisions provoquées. Comme le rendement de ces réactions est faible, ►



*suite de la page 53*

les antiprotons sont d'abord accumulés dans un premier anneau spécifique (baptisé AA, pour *Antiproton Accumulator*). Ils sont ensuite injectés dans le PS, utilisé cette fois pour les décélérer. Et enfin dans le LEAR.

L'énergie des faisceaux délivrés par le LEAR ne peut descendre que jusqu'à 2 mégaelectronvolts (MeV ; méga signifie un million). Il s'agit là d'une énergie dite cinétique, c'est-à-dire due à leur mouvement : plus leur vitesse est grande, plus cette énergie cinétique est élevée. On peut aussi l'exprimer en unités de température : 2 MeV correspondent ainsi à 20 milliards de kelvins (K).

Or, pour la fabrication d'antihydrogène, les antiprotons doivent être à température "ambiante". Cela correspond à une énergie cinétique de 25 milliélectronvolts (meV, en abrégé, avec cette fois un m minuscule). Du MeV au meV, c'est-à-dire du méga au milli, il y a neuf ordres de grandeur. Soit un facteur un milliard.

C'est dire le fossé qui sépare les antiprotons du LEAR de ceux de l'antihydrogène. Ce fossé représente le premier obstacle sur la route de l'antiatome. Ou plutôt, représentait, car celui-ci est maintenant levé.

Dans une série d'expériences réalisées au CERN, Gerald Gabrielse, professeur à Harvard, et ses collaborateurs, ont en effet ralenti – c'est-à-dire "refroidi" – des antiprotons jusqu'à la température de 4 K (correspondant à une énergie de 0,4 meV). Mieux, ces antiprotons ultrafroids ont été stockés dans un volume inférieur à un millimètre cube et conservés (plusieurs mois) dans un vide presque parfait (c'est-à-dire avec une densité résiduelle de gaz inférieure à 100 atomes/cm<sup>3</sup>, ce qui correspond à une pression de 10<sup>-17</sup> torr, soit 1,3 . 10<sup>-17</sup> hectopascal). Ces résultats sensationnels ont été obtenus avec un appareillage dont le cœur est un piège à antiprotons de 13 cm de long et 1,2 cm de diamètre (voir dessin p.52).

Après le refroidissement et le confinement des antiprotons, vient l'étape de la rencontre avec les antiélectrons. Contrairement aux premiers, les seconds sont – en raison bien sûr de leur légèreté – relativement faciles à produire et à manipuler (certains noyaux radioactifs sont même des sources naturelles d'antiélectrons). En revanche, leur mise en orbite constitue le deuxième obstacle à la création d'antihydrogène.

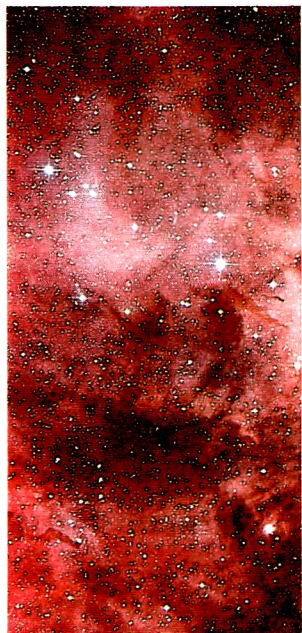
Comme un vaisseau spatial qui se satellise, un antiélectron doit en effet perdre un peu d'énergie cinétique, donc réduire sa vitesse, pour réussir son insertion sur orbite. Le mécanisme de "délestage en énergie" le plus naturel pour un antiélectron est l'émission spontanée de rayonnement : de lui-même, l'antiélectron émet un photon en passant à

## LA PETITE DIFFERENCE

L'Univers, dans lequel notre planète n'est qu'une minuscule – mais très chère – poussière ; est né il y a quinze milliards d'années dans une gigantesque explosion : le big bang. A l'origine, il était extrêmement petit, chaud et dense. Au fil de son expansion, il s'est progressivement refroidi. Des galaxies se sont formées, des étoiles, des systèmes solaires. Enfin, dans l'un d'entre eux, sur notre planète, la vie est apparue.

Les grandes lignes de cette fresque étonnante sont bien connues. Mais pourquoi l'antimatière est-elle aujourd'hui pratiquement absente de l'Univers ? Les réactions de conversion d'énergie en masse nous montrent en effet que particules et antiparticules sont créées ensemble et qu'elles s'annihilent mutuellement. Dans ces conditions, pourquoi la fourniture des premières secondes après le big bang a-t-elle donné naissance à un univers de matière ?

La réponse qui fait actuellement autorité a été proposée dès 1967 par le physicien soviétique Andreï Sakharov : matière et antimatière ne sont en effet



strictement équivalentes que dans le cadre de la symétrie CPT. Or, l'Univers a une histoire : un passé, un présent, un futur. Et qu'on le veuille ou non, le temps s'écoule toujours dans le même sens : du passé vers le futur. Le sens du temps est fixé et rien ne peut le renverser à l'échelle de l'Univers, comme il le faudrait pour que le T de CPT soit vérifié. Autrement dit, pour que la symétrie entre

proximité de son partenaire. Mais un tel mécanisme est peu efficace, dans la mesure où il dure trop "longtemps" (de l'ordre de 10<sup>-9</sup> s) en comparaison avec le court intervalle de temps (10<sup>-15</sup> s) pendant lequel un antiélectron peut se trouver à portée de l'antiproton (c'est-à-dire à une distance de l'ordre d'un angström, soit 10<sup>-10</sup> m).

On peut cependant augmenter l'efficacité de ce mécanisme en le stimulant à l'aide d'un laser. Mais la voie qui semble aujourd'hui la plus prometteuse pour assurer la mise en orbite fait appel à un troisième corps, un second antiélectron par exemple. En "cognant" sur ce troisième corps, l'antiélectron (premier corps) perd de l'énergie dans le voisina-



# QUI FAIT TOUT L'UNIVERS



Un petit excédent  
de matière a donné  
naissance à tout l'Univers.

D. Main/AAO/Ciel & Espace

matière et antimatière soit totale. Si l'on enlève le T de CPT, il ne reste donc que CP. C'est logique ! Or, CP n'est qu'une symétrie partielle, imparfaite entre matière et antimatière. Elle est, en effet, violée dans certains cas, ce qui donne à la matière un petit avantage sur l'antimatière lorsque l'on considère toutes les réactions d'annihilation possibles entre particules et antiparticules. En

d'autres termes, cette violation de CP ne traduit qu'une petite préférence des lois de la nature en faveur de la matière. Une petite préférence qui toutefois fait toute la différence. Sans elle, toutes les particules et leurs antiparticules se seraient mutuellement annihilées dans les premières secondes après le big bang. Et nous ne serions pas là pour en parler. Ce qui serait dommage !

ge de l'antiproton (deuxième corps). Réussir de telles acrobaties peut sembler une tâche impossible. N'en déduisons pas trop vite que la route de l'antihydrogène est condamnée. Après tout, les projets d'expérience de Gabrielse au CERN ont eux-mêmes été initialement accueillis avec scepticisme par la plupart des spécialistes. Ce qui n'a pas empêché le succès de ces expériences. Mais avant même que le deuxième obstacle ne soit donc levé, un troisième se profile déjà à l'horizon : c'est celui du confinement de l'antihydrogène. Une fois formé d'un antiélectron et d'un antiproton, c'est-à-dire d'une charge positive et d'une charge négative, cet antiatome est globa-

lement neutre du point de vue électrique. Ce qui le libère de l'emprise du piège à antiprotons et assure sa mort rapide : plus rien ne l'empêche en effet de venir se "coller" et donc de s'annihiler en rencontrant la matière sur les parois.

Heureusement, l'antiélectron possède un "moment magnétique" – l'équivalent du petit aimant d'une boussole – sur lequel peuvent agir certains champs magnétiques spécifiques. Grâce à eux, une force peut être indirectement exercée – via l'antiélectron – sur l'antiatome. C'est donc à la plus petite "brique" de l'antiatome que revient la tâche d'entraîner avec elle un édifice 2 000 fois plus lourd qu'elle, afin de le maintenir à bonne distance des parois.

Cette méthode a déjà fait ses preuves, puisqu'elle a été appliquée avec succès dans plusieurs laboratoires, avec de l'hydrogène atomique. On peut donc légitimement penser qu'il en sera de même dès lors que l'antihydrogène aura été formé. Si bien que ce troisième obstacle n'en est pas vraiment un. Le premier, lui, est déjà levé. Reste le deuxième, la satellisation de l'antiélectron, pour laquelle plusieurs mécanismes sont à l'étude. Reste à les mettre en œuvre. Reste à réaliser l'ensemble des opérations. Reste bien sûr aussi les impondérables. Bref, plusieurs années seront encore nécessaires pour que l'antihydrogène devienne une réalité. A quoi servira-t-il ?

**La question fondamentale à laquelle l'antihydrogène devrait apporter une réponse porte sur la symétrie qui relie matière et antimatière.** Cette symétrie est considérée actuellement comme la plus fondamentale de la nature : celle que tous les phénomènes physiques sont censés respecter, la seule qui soit véritablement universelle. Or, curieusement, assez peu d'expériences ont été menées pour la vérifier, pour la mettre à l'épreuve. Le test le plus attendu est, bien sûr, celui qui comparera directement les propriétés de l'hydrogène et de l'antihydrogène.

Cette symétrie fondamentale est appelée "CPT" car elle résulte de la combinaison de trois opérations successives (l'ordre dans lequel celles-ci sont réalisées est sans importance) :

- C, comme "conjugaison de charges", désigne l'opération théorique qui consiste à inverser toutes les charges dans un système physique ou une expérience donnée. Les charges électriques positives, par exemple, se retrouvent alors négatives. Et, bien sûr, réciproquement.

Mais soulignons que cette opération ne concerne pas uniquement la charge électrique. Celle-ci indique en effet comment et avec quelle in-



*suite de la page 55*

intensité s'exerce la force électromagnétique. Or, les physiciens ont découvert bien d'autres caractéristiques intrinsèques des particules : des "charges" – au sens large du terme – qui interviennent dans le jeu complexe des deux autres forces physiques fondamentales que sont l'interaction forte (qui s'exerce entre les quarks, constituants élémentaires de particules) et l'interaction faible (qui est responsable de certaines formes de radioactivité). La conjugaison de charges porte donc également sur elles.

- P, comme parité, est de nature très subtile. C'est la transposition d'un système physique ou d'une expérience de façon à les rendre identiques à leurs images vues dans un miroir. Exemple : si votre coupe de cheveux présente une raie à gauche, cette opération la transpose à droite.

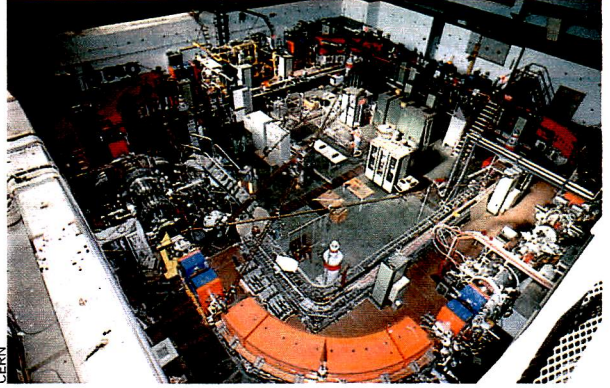
- Enfin T, comme temps, consiste à renverser le sens du temps. Une opération qui, bien sûr, n'est véritablement possible que dans un calcul théorique (elle revient à changer dans les équations la coordonnée du temps  $t$  en  $-t$ ). Ou bien au cinéma, lorsqu'on passe un film à l'envers, c'est-à-dire de la fin au début.

Jusque dans les années cinquante, les scientifiques n'avaient aucune raison de mettre en doute l'invariance des lois physiques par parité. Pourtant, on sait aujourd'hui que les particules appelées neutrinos – et plus généralement l'interaction faible – ne respectent pas cette invariance.

Cette "violation de la parité" (selon l'expression consacrée) a d'abord été suspectée par deux théoriciens américains, Tsung Dao Lee et Chen Ning Yang ; puis confirmée dans les faits, en 1956, par Chien Shiung Wu et ses collaborateurs à l'université de Columbia, aux Etats-Unis. C'est une découverte étonnante car elle montre que deux expériences, transposées l'une de l'autre par parité, ne donnent pas les mêmes résultats. Comme si un objet et sa réplique vue dans un miroir n'avaient pas les mêmes propriétés fondamentales et le même type de comportement.

On obtient le même genre de violation en considérant la conjugaison de charges. En appliquant cette opération à un neutrino, on transpose cette particule en quelque chose qui n'existe pas dans la nature. Cela signifie que le monde physique et les lois qui le décrivent ne sont pas invariants, ni par conjugaison de charges, ni par parité.

En revanche, cette invariance – ou, si l'on préfère, cette symétrie – est rétablie si l'on considère le produit CP, c'est-à-dire l'application successive de C et P. Cette double opération transforme, par exemple, un neutrino en un antineutrino, c'est-à-dire un objet qui, lui, existe bel et bien dans le monde physique.



## **La première machine qui décélère des particules**

**Les antiprotons que fournit le LEAR du CERN ont une énergie de 2 MeV. Celle-ci est toutefois encore un milliard de fois supérieure à celle qu'ils devront avoir pour donner naissance, avec des antiélectrons, à de l'antihydrogène.**

Avec CP, les physiciens pensaient donc avoir enfin trouvé la symétrie la plus fondamentale de la nature. La seule qui intègre, dans une description globale, matière et antimatière en les reliant l'une à l'autre. Celle qui transforme une particule en son antiparticule dans tous les cas de figure, y compris pour les neutrinos.

Mais dans les années soixante, l'invariance du monde physique retrouvée avec CP est de nouveau perdue. En 1964, James Cronin, Val Fitch et J. Christenson, de Princeton, et René Turlay, du CEA, montrent en effet que la symétrie CP est violée dans le cas d'une expérience qui met en jeu des particules baptisées "mésons K<sup>0</sup>" (prononcez K-zéro). Le résultat de cette expérience montre que CP n'est pas une symétrie parfaite.

Reste donc CPT. Jusqu'à présent, aucun indice ne permet de constater ou même d'imaginer la moindre violation. Au contraire, tout confirme le caractère fondamental de cette symétrie. Le test qui sera réalisé avec l'antihydrogène consistera à mesurer de façon "ultraprécise" les longueurs d'onde des rayonnements absorbés par cet antiatome, afin de les comparer avec celles de l'atome d'hydrogène. «Je serais très étonné de voir une différence», affirme John Eades. Mais un principe d'une telle importance que la symétrie CPT mérite d'être testé le plus possible et avec la plus grande précision accessible expérimentalement.»



# M

# e n d e l

## Le fondateur de la génétique



C'est en 1862 que Mendel entreprend ses expériences sur les petits pois. Il en cultive 27 000 plants de 34 variétés différentes pour en observer quelques 300 000 graines. L'enjeu : établir les lois biologiques de l'évolution. Le fruit de ses études est tellement fondamental que l'on dit de Mendel qu'il est aussi important pour la biologie que Newton pour la physique.

Pourtant, de son vivant, son œuvre n'a aucun retentissement dans les milieux scientifiques.

Elle n'est redécouverte que seize ans après sa mort.

Les prochains **Cahiers de Science & Vie** vous raconteront l'histoire de

ce fils de paysans silésiens, moine augustinien et "savant maudit" qui apporta la preuve que "l'être vivant est une mosaïque de caractères".

**LES CAHIERS**  
**DE SCIENCE & VIE**

**DES HISTOIRES RICHES EN DÉCOUVERTES**

P a r u t i o n l e 1 8 j u i n

# Une nouvelle étoile dans la Grande Ourse

PAR JEAN-FRANÇOIS ROBREDO

Le ciel appartient à ceux qui, patiemment, tous les soirs, le scrutent à l'œil nu ou aidés de modestes instruments (tout le monde n'est pas doué de la perspicacité de Hergé). L'émotion est toujours au rendez-vous, elle est parfois d'une exceptionnelle intensité. C'est ce qui est arrivé, le 28 mars dernier, à l'astronome amateur espagnol Francisco Garcia, alors qu'il pratiquait son activité nocturne préférée dans sa ville de Lugo, au nord de Madrid. Observant une des galaxies les plus proches de la nôtre, cataloguée sous le nom de M 81, il a son attention attirée par un point lumineux d'un éclat tout à fait inattendu. Il vient de découvrir une des plus brillantes supernovae de ces dernières années.

Euphorique, mais conscient de l'importance d'une telle nouvelle, il informe immédiatement un astronome professionnel espagnol, qui alerte en cascade les membres de sa communauté scientifique. Dès le 30 mars, la confirmation tombe : Alexei Filippenko et son équipe de Berkeley effectuent les premières analyses du spectre de lumière et annoncent qu'il s'agit bien d'une supernova, c'est-à-dire d'une étoile massive venant tout juste d'exploser (observée un ou deux jours seulement après que la lumière du cataclysme ait atteint la Terre). Un premier portrait photographique est tiré par l'équipe américaine, qui la baptise, selon la nomenclature en vigueur, 1993 J. Cette véritable mort en direct (si l'on veut bien négliger les quelque dix millions d'années qu'a mis en réalité la lumière pour nous parvenir !) est une aubaine pour les astronomes. Car depuis l'apparition de la mythique supernova 1987 A dans la galaxie satellite de la nôtre du Grand Nuage de Magellan, les spécialistes ont affûté leurs ins-

**Cinquante et un ans après Tintin et son *Etoile mystérieuse*, la constellation la plus facile à repérer dans le ciel refait parler d'elle. Un astronome amateur y a découvert une supernova qui vient d'exploser à "seulement" 10 millions d'années-lumière de nous.**

truments d'observation et rêvent les yeux ouverts d'une nouvelle confrontation entre l'expérience et leurs tout nouveaux arguments théoriques. L'occasion se présente donc, car, malgré la distance de la galaxie M 81, cette nouvelle étoile est, astronomiquement parlant, très proche (10 millions d'années-lumière, à comparer avec les 170 000 a.l. du Grand Nuage de Magellan).

Ainsi, en ce qui concerne les phénomènes visibles depuis l'hémisphère nord (là où il y a le plus de grands observatoires astronomiques), elle est la plus brillante supernova enregistrée depuis 1937. Si elle reste très largement invisible à l'œil nu (à son niveau le plus haut, le 31 mars, sa luminosité était encore 40 fois trop faible), avec un télescope d'amateur de type 115/900 le spectacle vivant est ouvert et la photographie possible. Dans le meilleur des cas, si la magnitude descend à 8, elle sera observable avec une simple paire de jumelles. Sa localisation est assez aisée, du fait de sa proximité avec la constellation de la Grande Ourse (voir dessin p. 60). Côté professionnel, l'excitation ►



## **La Grande Ourse, de Tintin à Francisco Garcia**

L'étoile mystérieuse qui a surpris Tintin n'était en fait qu'un astéroïde, qui grossissait à mesure qu'il se rapprochait de la Terre. La lumière de 1993 J, observée par F. Garcia, n'était pas encore arrivée jusqu'à nous.

*Une étoile de plus dans  
la Grande Ourse ! je  
n'en reviens pas !*

*Tu sais Tintin, il y a  
des millions et des  
millions d'étoiles.  
Alors, une de plus ou  
une de moins ....*

suite de la page 58

ne manque pas. Au programme : la chasse à l'astre géniteur, une polémique sur le type d'explosion, une analyse dans toutes les longueurs d'onde du spectre lumineux et une étude pour mesurer avec précision l'âge de l'Univers.

La première expérience consiste à déterminer quel type d'étoile a ainsi achevé sa vie en supernova. Deux cas sont possibles : soit l'explosion d'une naine blanche (un astre "vieux" et de petite masse qui a brûlé toute son énergie), soit l'effondrement d'une supergéante (étoile jeune et massive). C'est la seconde possibilité qui s'est rapidement imposée. En effet, l'étude du spectre de lumière a révélé la présence d'hydrogène en provenance de l'atmosphère de l'étoile. Or, au stade naine blanche, tout l'hydrogène de l'étoile initiale a été consommé. Comme 1987 A, la nouvelle venue appartient donc à la catégorie des supernovae de type II. Une hésitation subsiste néanmoins quant à la couleur du géniteur : bleu ou rouge. Dans un premier temps, c'est l'hypothèse de la supergéante bleue qui a été retenue, mais il semble qu'on s'oriente peu à peu vers celle de la supergéante rouge (une étoile beaucoup plus grande et froide). C'est, notamment, le satellite *IUE* qui, après avoir enregistré la très forte émission en ultraviolet de la

supernova, a conduit les astronomes à cette conclusion. En effet, la température de l'astre décroît moins rapidement que celle observée sur 1987 A (explosion d'une géante bleue), exactement ce qu'on attend d'une supergéante rouge.

Pour élucider ce point, les astronomes sont partis à la chasse au géniteur sur d'anciens clichés de cette partie du ciel. Plusieurs candidats sont déjà en piste à quelque 0,15 ou 0,2" d'arc de la position actuelle de 1993 J. Malgré tout, la question n'est pas encore définitivement tranchée.

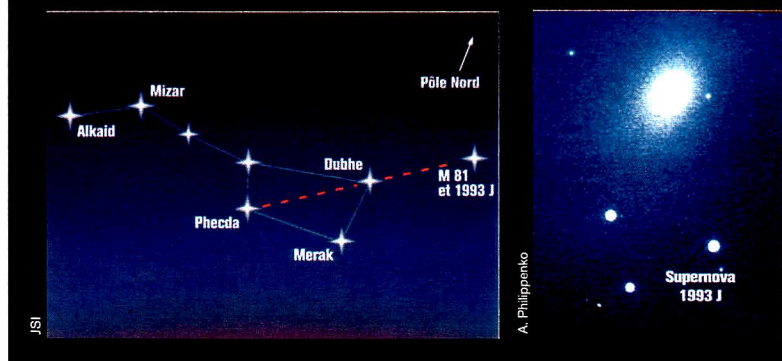
En ce qui concerne la supernova elle-même, elle est incontestablement la star adulée du moment. Pour en savoir plus, pour la comparer avec d'autres sources lumineuses, tous les télescopes en service sont braqués sur elle, qu'ils soient au sol ou dans l'espace. Le satellite allemand *Rosat* en a ainsi déjà détecté l'émission X. Par chance, elle se trouve tout près d'une autre source X (à

une minute d'arc seulement), détectée en 1988. Les astronomes du Max Planck Institute, à Munich, ont trouvé que 1993 J est 1,7 fois plus brillante. Quant à sa signature radio, elle a été relevée simultanément par des Anglais de Cambridge et des Américains du radiotélescope géant VLA, installé au Nouveau-Mexique.

Si les questions se bousculent dans les esprits des astrophysiciens, deux d'entre elles sont plus particulièrement intéressantes. D'une part, l'étude en lumière visible menée par une équipe de l'ob-

## Amateurs : voici comment observer...

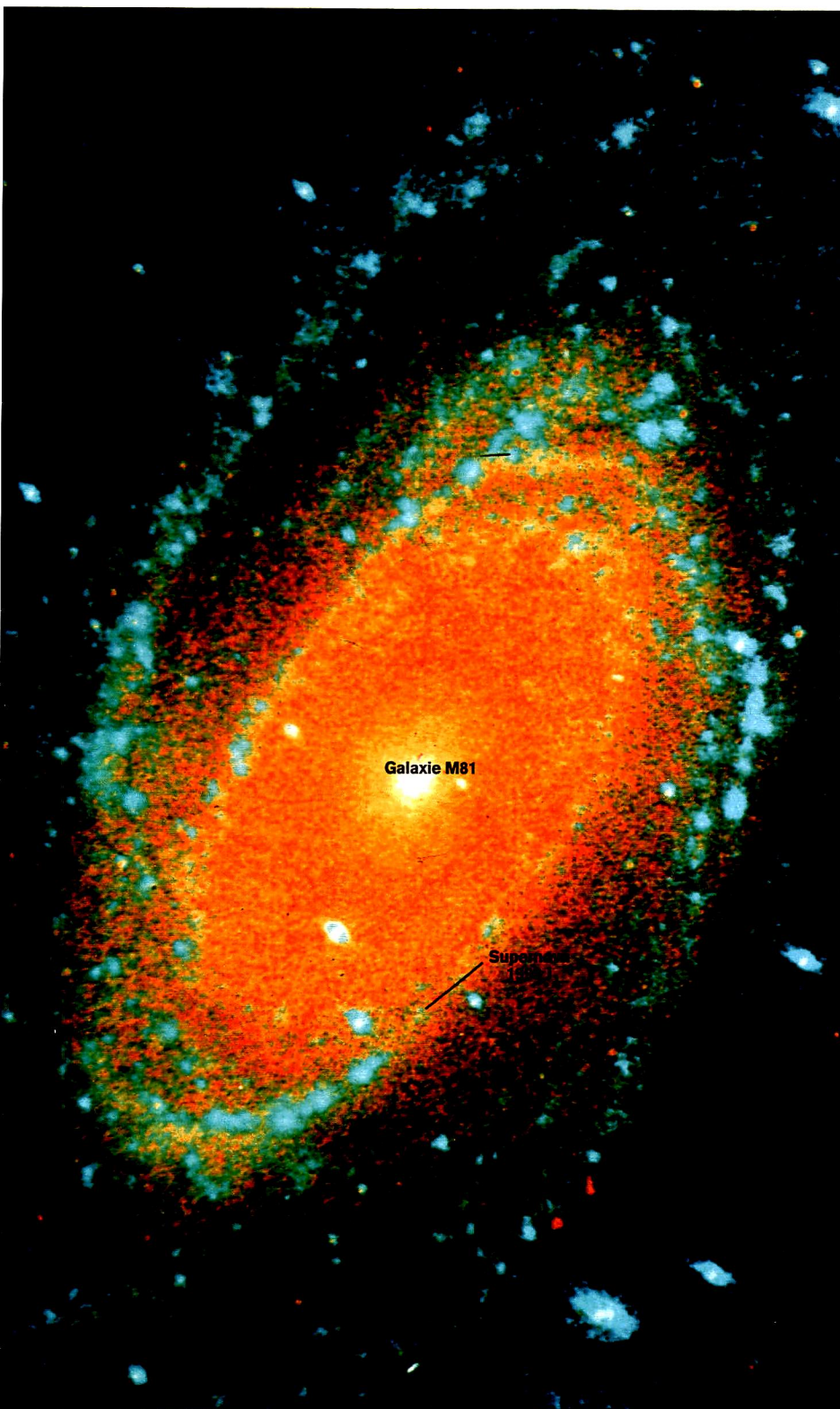
Tracez une droite imaginaire joignant Phecda à Dubhe, deux des étoiles de la Grande Ourse, et prolongez-la d'une longueur égale à elle-même (comme ci-dessous). Vous arrivez à l'endroit du ciel où se trouve la galaxie M 81, dans laquelle brille la supernova 1993 J. Pour l'observer, il suffit d'une lunette de 60 mm ou d'un télescope de 100 mm. Pour la photographier, utilisez un téléobjectif de 200 mm, avec une pose de quelques minutes.



servatoire de Kitt Peak, dans l'Arizona, a révélé la présence d'une épaisse coquille expulsée par l'étoile dans les derniers moments de sa vie. Cette coquille devrait être rejointe et anéantie par l'onde de choc de l'explosion dans les toutes prochaines semaines. Spectacle esthétique et scientifique à ne pas manquer.

D'autre part, le télescope spatial *Hubble* devrait profiter de cette nouvelle "borne du ciel" pour estimer, avec une plus grande précision qu'aujourd'hui, rien moins que la taille et l'âge de l'Univers. Il s'agit, en effet, à partir de la connaissance rigoureuse que l'on a de l'objet qui a explosé, d'estimer au mieux sa distance exacte. Cela doit permettre d'affiner les mesures sur des objets proches et, par extrapolation, sur l'ensemble de l'Univers. Une manière de conforter l'adage qui veut qu'en astronomie une bonne nouvelle n'arrive jamais seule.





**... ce point  
brillant,  
nouveau  
venu dans  
le ciel**

C'est ce point lumineux jusqu'ici inconnu qui a intrigué l'astronome amateur Francisco García, le 28 mars dernier. Les astronomes ont découvert là une supernova (photo page de gauche), située dans l'un des bras de la galaxie spirale M 81 (photo ci-contre), et qui représente le plus proche des cataclysmes stellaires observés depuis près d'un demi-siècle dans l'hémisphère nord.

# Le virus du rhume, arme de la thérapie génique

**Ce virus banal pourrait permettre de soigner prochainement des maladies pour lesquelles il n'existe actuellement aucun traitement efficace. On pense aux maladies du système nerveux, aux myopathies et à la mucoviscidose. Un travail historique, selon le Pr Axel Kahn\*.**

PAR PIERRE ROSSION

**A** moins d'être génétiquement particulièrement bien programmé, ce qui n'est pas donné à tout le monde, le sort du commun des mortels c'est, avec l'âge, de se mettre à radoter (maladie d'Alzheimer) (1) ou à trembloter (maladie de Parkinson). C'est ce que l'on appelle le gâtisme, conséquence d'une usure du cerveau et des circuits nerveux de commande. En faisant appel à la thérapie génique, c'est-à-dire à une opération microchirurgicale qui consiste à remplacer dans les cellules nerveuses le gène défectueux par un gène sain, autrement dit, à remettre à neuf ces cellules, on pourrait éviter aux personnes âgées de passer par cet état invalidant.

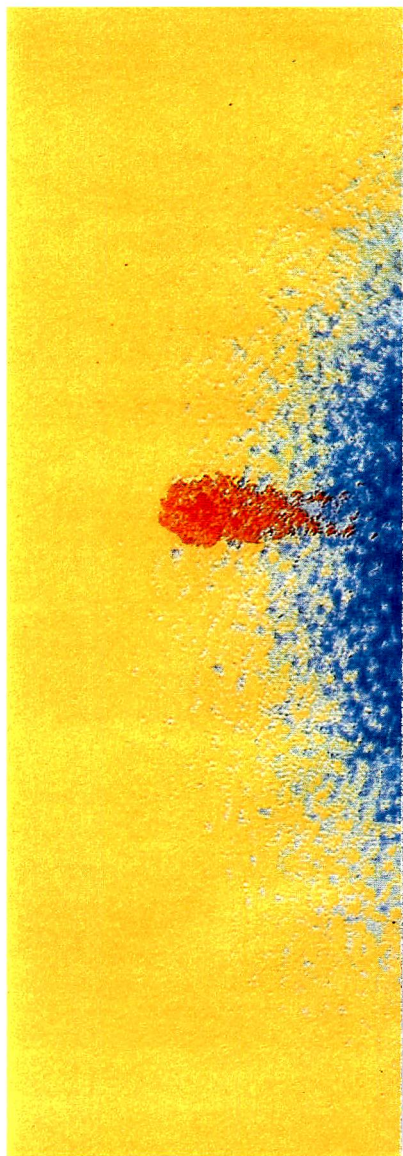
Mais ce n'est pas tout ! En plus des maladies dégénératives du cerveau, type Alzheimer et Parkinson, et des maladies neurologiques, comme la chorée de Huntington, on envisage d'étendre cette forme de traitement à la mucoviscidose et aux myopathies, toutes ces maladies ayant pour dénominateur commun des tissus dont les cellules se divisent peu ou pas du tout : cellules du

## Le virus chirurgical

Bricolé par le Dr Michel Perricaudet, le virus du rhume peut maintenant convoier des gènes de rechange dans des cellules déficientes et, ainsi, les remettre à neuf. Grâce à cette technique révolutionnaire, on espère pouvoir traiter un grand nombre de maladies génétiques héréditaires.

\* Généticien à l'INSERM-Cochin.

(1) "Les clés de la démence sénile", *Science & Vie* n° 908, p. 72.



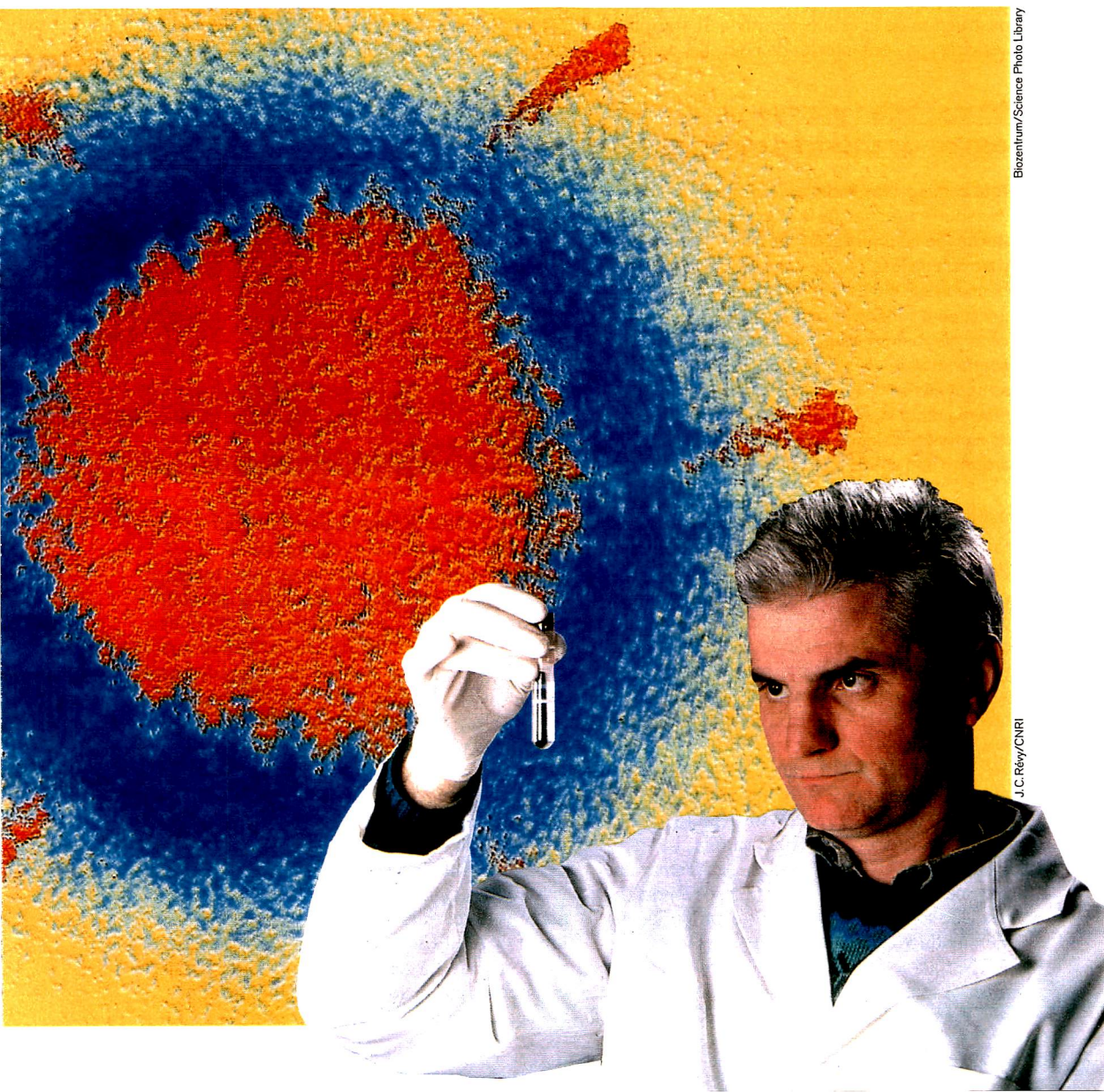


tissu nerveux pour les premières, épithélium pulmonaire pour la mucoviscidose, tissu musculaire squelettique pour les myopathies.

Le traitement de ces maladies est devenu possible depuis qu'une équipe française, dirigée par le Dr Michel Perricaudet, chercheur à l'Institut Gustave-Roussy, à Villejuif, a mis au point un virus vecteur, plus prometteur que les autres, capable de convoier des gènes étrangers jusqu'au sein même de cellules peu divisibles. Ce qui constitue un véritable tour de force.

Pour comprendre les difficultés que les chercheurs ont eu à surmonter, il faut se hasarder

quelques instants sur la haute mer de la virologie fondamentale. Les virus sont des micro-organismes inertes, immobiles, dépourvus d'activité métabolique et incapables de se reproduire par leurs propres moyens. Pour se fabriquer des copies d'eux-mêmes, ils sont obligés de parasiter des cellules et de s'arroger un "droit de cuissage", afin de leur faire produire de nouveaux virus. Ensuite, les virus ont une structure physique très rudimentaire qui se réduit à un acide nucléique et à une enveloppe protéique. Analogue à la disquette d'un programme informatique, l'acide nucléique viral, bien que très court, por- ▶





suite de la page 63

te une grande quantité d'informations écrites sous forme de messages codés. Chacune de ces informations occupe un fragment (ou gène) de l'acide nucléique. Certains de ces gènes portent le code correspondant aux protéines de l'enveloppe virale, d'autres, celui correspondant aux enzymes protéiques nécessaires à la synthèse de l'acide nucléique du virus.

Les différentes étapes de la vie d'un virus sont donc : l'infection de la cellule ; la réplication du génome viral ; la fabrication, à partir de l'information portée sur l'acide nucléique, des protéines virales de l'enveloppe ; la constitution de nouveaux virus par l'assemblage de tous ces éléments, ce qui a souvent pour effet d'entraîner la destruction de la cellule ; enfin la libération de ces virus qui vont infecter de nouvelles cellules.

propre compte et, de ce fait, il n'est pas forcément transmis à toutes les cellules filles.

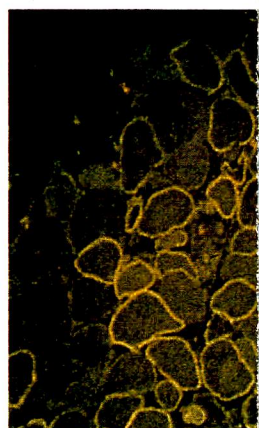
Pour ces raisons, les virus à ADN sont adaptés pour transférer des gènes dans des cellules qui ne se divisent pas ou qui se divisent peu. Alors que les virus à ARN sont plus adaptés pour la thérapie génique du cancer (voir encadré page ci-contre) où les cellules tumorales ont la propriété de se diviser rapidement.

Mais pourquoi n'a-t-on pas pensé plus tôt à utiliser les virus à ADN ? « Parce que, nous dit Michel Perricaudet, les choses n'étaient pas mûres. Il ne faut pas oublier que la thérapie génique est une discipline qui n'a que quelques années. »

Les premiers virus à ADN employés pour transférer des gènes thérapeutiques étaient des virus de type herpès, à l'origine d'affections aiguës de

## Myopathie : premiers essais de thérapie génique

Tout comme chez l'homme, les muscles des souris atteintes de la myopathie de Duchenne ne produisent pas de dystrophine, une protéine qui assure la bonne tenue musculaire ❶. Après injection d'adénovirus contenant le gène de la dystrophine dans les muscles d'une souris atteinte de cette maladie, ceux-ci se sont mis à produire cette substance (liseré jaune) et, trois mois plus tard ❷, ils étaient redevenus presque semblables à ceux d'une souris en bonne santé ❸.



En fait, de manière plus détaillée, les virus se rangent en deux grands types selon que leur acide nucléique est de l'acide ribonucléique (ARN) ou de l'acide désoxyribonucléique (ADN). Les virus à ARN, ou rétrovirus, sont incapables de s'exprimer directement dans les cellules qu'ils parasitent. Pour qu'ils puissent le faire, il faut que leur acide nucléique soit, au préalable, transformé en ADN. L'ADN viral ainsi formé s'incorpore au stock d'ADN de la cellule, à la faveur de la division cellulaire, puis il est ensuite transmis à la descendance cellulaire. L'identité chimique entre les deux acides nucléiques, viral et cellulaire, est absolument obligatoire. La transcription de l'ARN en ADN est assurée par une enzyme particulière, la transcriptase reverse, codée, elle aussi, par un gène porté par l'acide nucléique du virus. En revanche, dans les virus à ADN, l'acide nucléique peut s'exprimer sans avoir besoin de s'intégrer dans l'ADN cellulaire. Il reste indépendant et se divise pour son

la peau, comme le zona. Le choix se porta sur eux parce qu'ils infectent naturellement le système nerveux. Comme ces virus sont très pathogènes et qu'ils peuvent conserver une certaine toxicité, même après avoir été atténués expérimentalement, ils donnaient des sueurs froides lorsqu'on les manipulait. Aussi, depuis 1982, Michel Perricaudet a-t-il fixé son choix sur l'adénovirus, le banal virus du rhume. Après l'avoir bricolé, de manière à lui supprimer sa toxicité, et aménagé, afin qu'il puisse intégrer des gènes étrangers, il en fait une véritable infirmerie ambulante capable d'opérer en n'importe quel point de l'organisme.

Testé *in vitro* sur des cellules en culture et *in vivo* sur des animaux de laboratoire, il a confirmé tous les espoirs que l'on mettait en lui. Selon le Pr Axel Kahn, la mise au point de ce virus constitue un travail qui fera date. Il fait maintenant partie de la panoplie thérapeutique, au même titre que la pénicilline et la bombe au



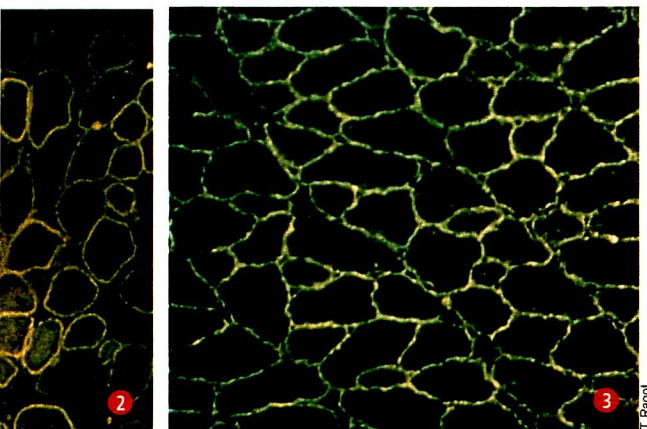
## DEUX ARMES POUR TRAITER LE CANCER

La thérapie génique du cancer consiste à transférer dans les cellules tumorales non pas des gènes correcteurs mais des gènes thérapeutiques sécrétant des substances toxiques nocives pour les cellules, qui sont alors détruites.

Pour ce faire, on utilise des virus à ARN qui ont la propriété de s'intégrer dans l'ADN cellulaire et d'être ainsi transmis à la descendance de la cellule.

Avec l'espoir que les gènes thérapeutiques finiront par détruire les cellules malades.

Cependant, Michel Perricaudet a montré que les virus à ADN, type adénovirus, n'étaient pas non plus dénués d'intérêt dans la thérapie du cancer, du fait de la facilité technique avec laquelle on peut en constituer des stocks importants et les inoculer, à un instant donné, en masse dans les tumeurs.



cobalt. D'ailleurs, trois articles retentissants, rédigés par des équipes de chercheurs de l'INSERM et du CNRS, dirigées par Gildas Le Gal La Salle, Saïd Akli et Thierry Ragot, ont été publiés respectivement dans les prestigieuses revues scientifiques anglo-saxonnes, *Science* (12 février 1993), *Nature Genetics* (mars 1993) et *Nature* (18 février 1993).

Les deux premiers de ces travaux établissent qu'un vecteur adénoviral peut infecter à la fois des cellules nerveuses, *in vitro* et *in vivo*, et faire en sorte que le gène étranger qu'il contient puisse s'exprimer dans ces cellules. Le gène utilisé était un gène dit marqueur, c'est-à-dire un gène dont on peut suivre le cheminement et l'action au sein des cellules. Il s'agit d'un gène qui code pour la  $\beta$ -galactosidase, une enzyme normalement sécrétée par la muqueuse intestinale, qui hydrolyse le lactose en glucose et galactose. Si, après infection par l'adénovirus recombiné (c'est-à-dire manipulé), les cellules se mettent à synthétiser

l'enzyme, celle-ci est visualisée par l'apparition d'un précipité bleu dans les cellules infectées (voir photo p. 66). On a ainsi la preuve que le gène introduit dans la cellule a bien fonctionné. En revanche, si le précipité bleu n'apparaît pas, cela signifie que le gène ne s'est pas exprimé.

**Dans un premier temps, les chercheurs ont montré, que l'adénovirus recombiné est capable d'infecter, *in vitro*, des cellules neuronales et gliales** (cellules de soutien des neurones) et d'y exprimer la  $\beta$ -galactosidase avec une efficacité tout à fait surprenante, puisque la quasi-totalité des cellules ont produit l'enzyme, sans qu'il y ait eu d'effet cytotoxique notable.

Dans un second temps, les chercheurs ont injecté des adénovirus contenant le gène marqueur dans une des structures cérébrales de la souris, la substance noire, et ont montré que toutes les cellules (neurones et cellules gliales) exprimaient la  $\beta$ -galactosidase. Cette expression, très forte, apparaît très tôt (moins de vingt-quatre heures après l'intervention) et persiste au moins pendant deux mois. Les chercheurs ont également montré que l'infection des cellules se limite à la zone d'inoculation de l'adénovirus, du fait que la diffusion du virus est rapidement bloquée par des barrières anatomiques, notamment des faisceaux de fibres nerveuses. Cet inconvénient rend donc difficile une correction globale d'un défaut sur l'ensemble d'une structure. Néanmoins, les chercheurs suggèrent que la diffusion de l'adénovirus recombiné pourrait se faire par l'intermédiaire de certains neurones qui capteraient le virus au niveau de leurs terminaisons nerveuses puis l'achemineraient dans leur corps cellulaire. A preuve, des adénovirus injectés dans le striatum, une structure du cerveau voisine de la substance noire, furent observés par la suite au niveau de celle-ci.

Bien que la prudence reste de mise, toutes ces données encourageantes permettent d'envisager des thérapies pour plusieurs maladies d'origine nerveuse qui à l'heure actuelle ne connaissent aucun traitement efficace. En premier lieu, les chercheurs se sont attachés au syndrome parkinsonien, cette maladie décrite pour la première fois en 1817 par James Parkinson, dans son *Essai sur la paralysie agitante*, et qui se développe lentement et progressivement dans la seconde moitié de la vie.

Il est aujourd'hui admis qu'elle est d'origine héréditaire et qu'elle est liée à la déficience d'un gène qui entraîne la dégénérescence d'une structure bien particulière du cerveau, la substance noire. Cette structure est une sorte de commandant en chef qui transmet ses ordres



*suite de la page 65*

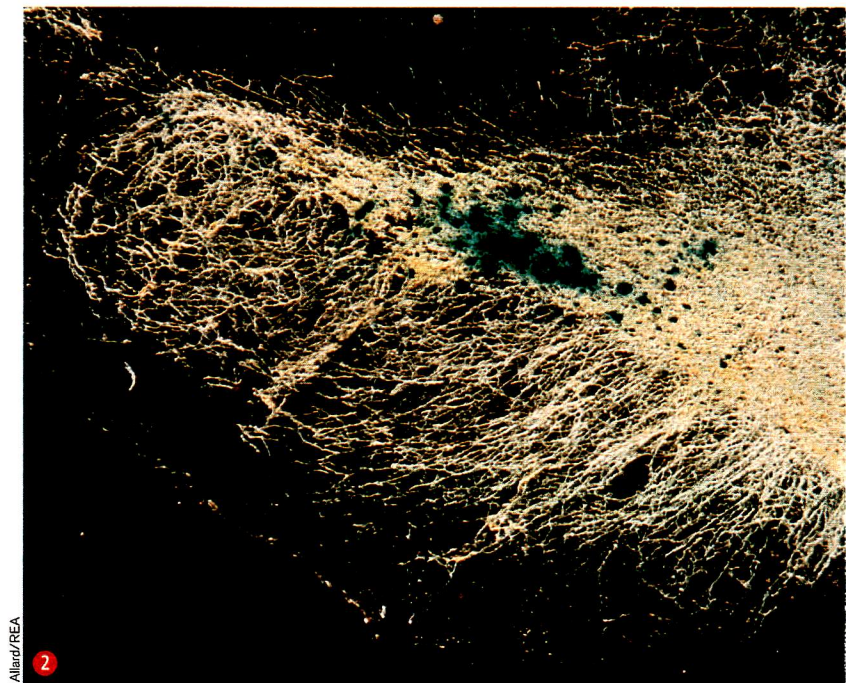
aux structures sous-jacentes du cerveau par l'intermédiaire d'un médiateur chimique, la dopamine. De ce fait, lorsque la substance noire est lésée, il s'ensuit une baisse de sécrétion de la dopamine et une absence d'ordres aux structures sous-jacentes. Livré à lui-même, le cerveau agit de manière désordonnée, avec pour conséquence les troubles caractéristiques du syndrome parkinsonien.

Le traitement des malades fait donc obligatoirement appel à la dopamine. En fait, l'administration de cette substance pose de nombreux pro-

blèmes. L. dopa, on a mis en place un système qui la fabrique. De toutes les expériences, celle mise au point par l'équipe suédoise d'Anders Bjorklund a été la seule à donner des résultats appréciables, tout au moins chez des patients en début de maladie. Mais c'est une intervention lourde et ses effets restent malgré tout limités. Le protocole consiste à prélever des neurones de la substance noire d'embryons avortés et à les injecter dans le striatum de malades parkinsoniens. On observe, dans le meilleur des cas, un ralentissement de l'évolution de la maladie. En

## **Maladie de Parkinson : traitement en vue**

Cette maladie provoquée par l'absence de sécrétion de dopamine pourrait être traitée par injection directe dans le cerveau d'adénovirus contenant le gène codant pour cette substance. Les premiers essais réalisés chez la souris ❶, avec un gène marqueur codant pour la  $\beta$ -galactosidase, sont encourageants : la  $\beta$ -galactosidase (tache bleue) a bien été produite ❷. Il ne reste plus qu'à refaire la même expérience avec le gène codant pour la dopamine et, si elle est concluante, à passer aux essais sur l'homme.



Allard/REA  
2

blèmes. Lorsqu'on l'injecte par voie générale on constate qu'elle ne traverse pas la barrière hémato-méningée et, par conséquent, ne pénètre pas dans le cerveau. Aussi lui préfère-t-on son précurseur, la L. dopa, qui n'a pas cet inconvénient. Administrée par voie orale, la L. dopa diffuse dans le système nerveux où elle est transformée en dopamine sous l'action d'une enzyme, la dopa-décarboxylase. Tout serait parfait si la L. dopa ne présentait pas certains inconvénients, au premier rang desquels une diminution croissante d'efficacité, ce qui oblige à augmenter les doses. Mais il arrive un moment où il ne reste plus assez de terminaisons nerveuses pour la transformer en dopamine.

On s'est donc tourné vers une solution radicalement différente. Au lieu d'administrer la

autre, cette façon de procéder présente de nombreux risques de rejet immunologique et soulève des problèmes éthiques.

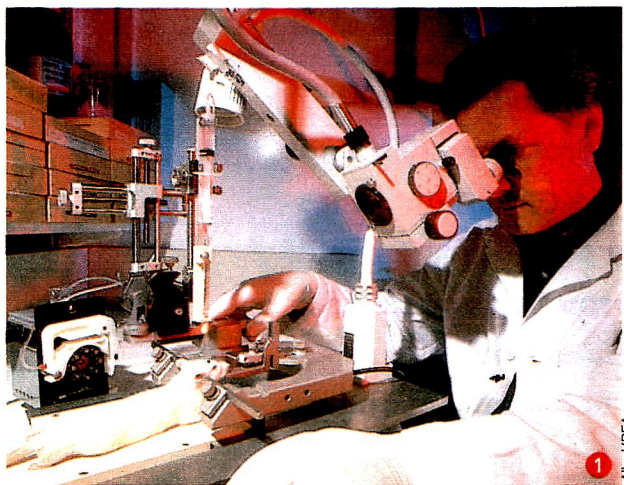
**Les chercheurs envisagent maintenant de remplacer dans la substance noire le gène déficient, cause de la maladie, par un gène correcteur**, à savoir le gène codant pour la tyrosine hydroxylase. Il s'agit d'une enzyme qui fabrique la L. dopa à partir de la tyrosine, un acide aminé présent dans l'alimentation. En principe, on devrait s'attendre à ce que le syndrome disparaisse ou tout au moins s'atténue.

En fait, les choses ne sont pas aussi simples. Selon André Nieoullon, qui dirige à Marseille une équipe spécialisée dans l'étude du cerveau, «cette stratégie est très élégante, mais elle est trop ré-



ductionniste. Une substance produite par des cellules infectées ne pourra jamais remplacer un système hautement organisé. Ces cellules ne vont certainement pas repousser pour réinnervier les structures lésées, ni ressusciter les cellules tuées par la maladie.» Ces réserves prudentes n'oblitérent quand même pas le progrès énorme que l'on vient de faire dans le traitement de la maladie.

En même temps que paraissaient les articles de *Science* et de *Nature Genetics*, la revue *Nature* publiait un travail d'une autre équipe française, dans laquelle apparaissait encore, parmi les signataires,



le nom de Michel Perricaudet. Il concerne le transfert, toujours par l'intermédiaire de l'adénovirus, d'un gène thérapeutique à l'intérieur des muscles de souris atteintes de dystrophie musculaire (souche mdx), plus connue sous le nom de myopathie de Duchenne. Cette maladie génétique, très invalidante et relativement fréquente (elle touche un garçon sur 3 500), fut décrite par le physiologiste français qui lui a donné son nom dans les années 1860. Elle se manifeste par une perte progressive de la force musculaire qui commence à être perceptible dès l'âge de 4-5 ans. La détérioration continue et inéluctable des muscles oblige alors l'enfant de 11-12 ans à utiliser un fauteuil roulant, et la mort par insuffisance cardiaque ou respiratoire survient généralement avant 20 ans.

C'est au début des années quatre-vingts qu'a été découvert, sur le chromosome sexuel X, le gène responsable de la maladie, ce qui a permis de prouver son origine génétique. Il s'agit d'une maladie héréditaire monogénique liée au sexe, qui se transmet sur le mode récessif. Ce qui explique qu'elle ne touche, de manière générale, que les garçons. La déficience du gène se traduit par l'absence de syn-

thèse de la dystrophine, une protéine localisée au niveau de la membrane des cellules musculaires et qui joue un rôle essentiel dans la stabilité du muscle. Actuellement, il n'existe aucun traitement capable de ralentir l'inexorable dégénérescence des fibres musculaires, et donc d'enrayer la progression de l'atrophie. Les traitements non spécifiques comme l'injection de glucocorticoïdes produisent des effets très réduits. Quant à l'apport direct aux muscles de la protéine manquante, les techniques actuelles ne le permettent pas, car on ne sait ni la purifier en grande quantité ni l'introduire dans chaque fibre musculaire atteinte. Enfin, l'injection dans le muscle atrophié de myoblastes provenant de donneurs sains n'a pas donné les résultats escomptés. Le nombre de fibres transplantées qui produisent la précieuse dystrophine reste très faible et aucune amélioration de la force musculaire ne peut être constatée. De plus, il y a le problème du rejet de ces myoblastes, lorsqu'ils sont immunologiquement incompatibles avec le donneur.

D'où l'immense espoir soulevé par la thérapie génique. Les premiers essais tentés en 1991 par une équipe anglo-américaine ont consisté à introduire le gène de la dystrophine directement dans le muscle d'une souche de souris (souche mdx) déficiente en dystrophine. Malheureusement, l'efficacité du transfert du gène s'est révélée très faible, puisque seulement 2 % de fibres ont produit de la dystrophine.

Suite à cet échec, les chercheurs français eurent l'idée d'utiliser l'adénovirus comme vecteur du gène. Mais voilà, le gène de la dystrophine est le plus long connu à ce jour (de 2 à 3 millions de nucléotides, contre 15 000 pour un gène moyen chez l'homme, la partie utile de ce gène faisant encore 10 000 nucléotides), et il ne peut évidemment pas se loger dans le virus. Pour remédier à cet inconvénient, les chercheurs ont utilisé une version simplifiée de ce gène contenant 6 300 nucléotides et codant pour une mini-dystrophine qui conserve la majeure partie de la fonction de la protéine intégrale.

Dans un premier temps, les chercheurs ont injecté l'adénovirus contenant le mini-gène dans des myoblastes de souris en culture (voir photos p. 64), et ils ont conclu au bon transfert du gène et à sa bonne expression, puisque, quarante-huit heures après l'injection, la mini-dystrophine fut synthétisée. Dans un second temps, ils ont injecté l'adénovirus recombiné dans les pattes de jeunes souris mdx. Cette fois encore les résultats ont été concluants : 50 % des fibres musculaires ont synthétisé la mini-dystrophine. Il reste maintenant à faire des essais sur d'autres modèles animaux, avant de passer à l'homme. ■

# La nouvelle querelle du Généthon

**Le 19 mars dernier, un article de la revue *Science* met le feu aux poudres dans le monde de la génétique française : le Généthon\* et les chercheurs de renom qui y sont associés sont accusés de confondre information scientifique et communication médiatique. Retour de flamme sur la carte de nos chromosomes.**

PAR PIERRE ROSSION

Le 7 décembre 1992, un avion de la compagnie américaine Federal Express atterrissait à l'aéroport de Boston avec, en soute, une précieuse cargaison conservée dans de la neige carbonique : une banque de fragments d'ADN humain, fabriquée en France au laboratoire Généthon, selon une méthode, qualifiée à l'époque de révolutionnaire, mise au point par le Pr Daniel Cohen. La hâte des laboratoires américains à disposer de cette banque était telle qu'une équipe du Massachusetts Institute of Technology en fit deux copies en deux semaines et les envoya au Los Alamos National Laboratory et au Salk Institute, lesquels, à leur tour, en firent rapidement des copies qu'ils envoyèrent à plusieurs laboratoires afin qu'ils en fassent eux-mêmes des duplicata et les distribuent à d'autres laboratoires... Avec ce système de distribution en chaîne, la plupart des grands laboratoires américains impliqués dans la cartographie du génome humain disposaient d'une copie de la banque six semaines seulement après son arrivée

aux Etats-Unis. Ils pouvaient alors commencer à cartographier le génome à l'aide de cet outil.

Raison de cette fièvre : en septembre 1992, le Pr Cohen avait publié dans la célèbre revue américaine *Cell* (vol. 72, p. 1 059) un article dans lequel il énonçait les principes d'une cartographie totale du génome humain, et annonçait en avoir déjà cartographié de 15 à 20 % (voir *Science & Vie* n° 902, p. 30). Une conférence de presse avait été organisée dans la foulée par le Généthon le 17 septembre, à Paris, dans les salons de l'hôtel Lutétia. Intitulé "Généthon pagine le grand livre de la vie", le dossier de presse distribué exagérait sensiblement les faits exposés dans *Cell* : «Près de 50 % du génome est déjà reconstitué et il sera recouvert en quasi-totalité au plus tard en début d'année 1993, alors que la communauté scientifique internationale prévoyait la clôture de cette entreprise pour 1997. Avec ce nouvel outil, mis à la disposition des équipes de recherche du monde entier, le programme mondial de séquençage

\* Le Généthon est un laboratoire privé spécialisé dans les maladies génétiques. Il est financé par l'argent du Téléthon, lequel est organisé par l'Association française contre les myopathies (AFM).







## Star de la génétique grâce au Téléthon

Le Pr Daniel Cohen codirige le Centre d'étude du polymorphisme humain (CEPH), étroitement associé au Généthon dont il est aussi l'un des directeurs scientifiques. Avec le Téléthon, organisé par le Généthon, le star system qui, jusqu'ici, ne concernait que le monde de la chanson et du cinéma, gagne aujourd'hui le monde scientifique.

du génome humain pourra débiter à grande échelle 4 à 5 ans plus tôt que prévu et pour un coût 5 à 10 fois moindre.» Avec cette conclusion en fanfare : «Ce formidable coup d'accélérateur donné au programme *Génome humain* aura un effet majeur, celui de découvrir des gènes impliqués dans les maladies génétiques.»

Les journalistes présents à la conférence de presse admirent sans difficulté qu'on tenait là une grande découverte. Mais à quel niveau se situait-elle ? A la question de savoir si elle méritait un prix Nobel, le Pr Jean Dausset, lui-même prix Nobel, répondit, en pesant bien ses mots, qu'elle le méritait largement.

Nouvelle conférence de presse, le 1<sup>er</sup> octobre, toujours au Lutétia, à la suite de la publication dans *Nature* (vol. 359, p. 380) de la cartographie physique du chromosome 21 par le même Pr Cohen. Cette fois, la carte avait été obtenue avec un outil encore plus performant que le précédent ! Encore plus prometteur ! Dès lors, le Pr Cohen devint la

coqueluche des médias. Les 4 et 5 décembre derniers, il fut la grande vedette du Téléthon, au cours duquel James Watson, découvreur avec Francis Crick de la structure de la double hélice d'ADN, le félicita en personne. A la suite de quoi, notre nobélisable nous apprit, en direct, qu'il avait longtemps hésité entre la carrière de chercheur et celle de pianiste. Manière de dire, en confidence, qu'on avait eu chaud. Il s'installa alors au piano pour accompagner Barbara Hendricks dans un récital de Gershwin. On admira la cantatrice... Le Téléthon fit un score exceptionnel : 309 millions de francs contre 240 en 1991.

Bientôt l'enthousiasme des Français gagna les National Institutes of Health des Etats-Unis, qui, en catastrophe, débloquèrent une somme sans précédent, 24 millions de dollars pour cinq ans, à l'équipe du généticien Eric Lander, du Whitehead Institute (Massachusetts), pour la création d'un centre consacré à la réalisation, selon la méthode Cohen, d'une carte physique de faible résolution de l'en-



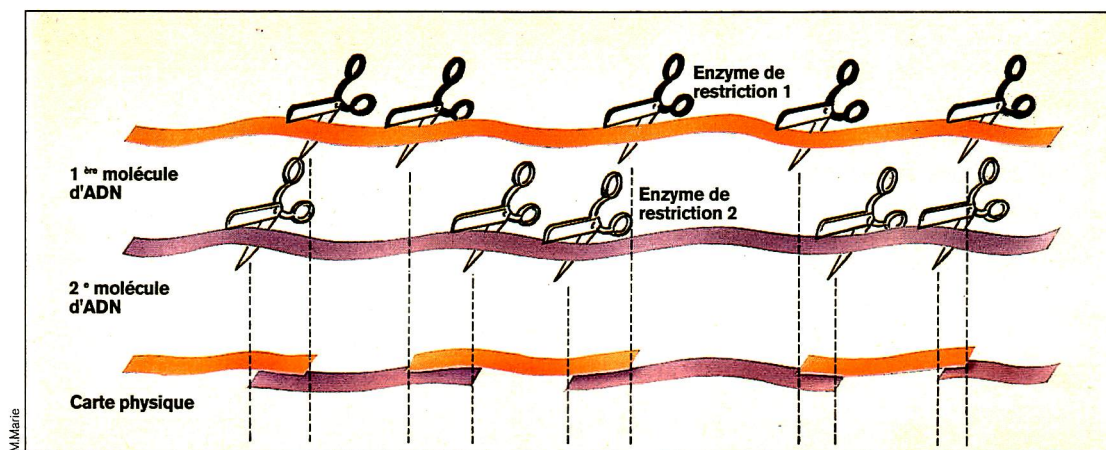
suite de la page 69

semble du génome humain. C'est dans ce contexte que les laboratoires américains impliqués dans le programme *Génome humain* demandèrent au Généthon de leur fournir au plus vite la précieuse banque de fragments d'ADN évoquée plus haut. Laquelle s'envola bientôt pour Boston.

**Le malheur, pour Cohen, c'est qu'en science tout est scrupuleusement vérifié par la communauté des spécialistes concernés.** Or, trois mois plus tard, le 19 mars exactement, voilà qu'un article signé Christopher Anderson, dans la prestigieuse revue scientifique américaine *Science*, vint tout remettre en cause. «Aujourd'hui, l'enthousiasme des chercheurs a disparu. (...) Pour de nombreuses équipes, ces derniers mois n'ont été qu'une suite de déceptions. (...) Nombreux étaient les chercheurs qui attendaient mieux de cette nouvelle technique, étant donné toute la publicité qui avait été faite.» La carte du chromosome 21 était spécialement critiquée : «Quand cette carte fut publiée l'année dernière,

hen pour identifier les gènes responsables des maladies génétiques.»

Terrible douche froide pour les responsables et les chercheurs du Généthon, qui aussitôt réagirent en donnant, le 5 avril 1993, une... troisième conférence de presse. Le Pr Cohen expliqua la réaction d'Anderson par le fait que «le Congrès américain, choqué par le succès français, menaçait d'interrompre son soutien au projet *Génome humain*». Autrement dit, les Américains nous faisaient un mauvais procès, ayant pour origine la farouche compétition scientifique franco-américaine qui se joue autour du programme *Génome humain* et des formidables enjeux économiques qu'elle sous-tend. En quelque sorte, ils nous cherchaient des histoires, comme dans l'affaire de la découverte du virus du sida. Le Pr Cohen sut trouver les mots pour requinquer son auditoire : «Il faut rester vigilant, répondre aux attaques et surtout continuer au niveau d'excellence atteint, tout en maintenant forte la collaboration internationale, seule garante de la réus-



elle fut saluée comme la preuve que la carte du génome allait bientôt être obtenue. Mais, depuis, les chercheurs ont rencontré des problèmes, ce qui montre combien il peut être difficile de travailler à partir d'une carte construite avec la technologie» développée par Cohen. «Il est clair que la carte du chromosome 21 est une carte de très faible résolution avec de nombreuses erreurs. Il faut donc tout refaire et corriger les erreurs.»

Et Anderson de conclure : «C'est une mauvaise nouvelle pour le projet *Génome humain* américain qui a investi des millions de dollars dans le programme de cartographie par cette technique. C'est également une mauvaise nouvelle pour les chercheurs qui comptaient sur la méthode Co-

site totale de ce projet porteur de tant d'espoir pour l'humanité.»

Il exhiba alors les lettres d'excuse que lui avaient envoyées certains des chercheurs cités dans l'article d'Anderson, qui avançaient que leurs propos avaient été quelque peu déformés par le journaliste scientifique, pourtant connu pour son professionnalisme. Il annonçait enfin que *Science* allait bientôt les publier en faisant, au passage, son *mea culpa*. Mais, depuis, le temps a passé, et l'on ne voit rien venir.

Dans leur quasi-totalité, les médias français adoptèrent la version du Pr Cohen. «Tous sur le pont, les Américains ont attaqué le quartier général de la génétique française», écrivit *Libération*.



(2) Sortes de ciseaux biologiques qui coupent l'ADN en des sites particuliers. Chaque enzyme de restriction ne coupe que les sites qui lui sont propres

«Les chercheurs français confirment les travaux réalisés au Généthron», titra *le Monde*. Examinons les choses de plus près.

Lorsqu'on entreprend d'étudier un gène, c'est-à-dire un microscopique fragment d'ADN, impliqué, par exemple, dans une maladie génétique, il est hors de question de le chercher tout le long du microscopique ruban d'ADN qui déroule ses quelque 3 milliards de nucléotides sur une longueur de 1,50 m. Ce serait comme chercher un livre à la Bibliothèque nationale sans disposer du fichier. A défaut de fichier, il est au moins intéressant de savoir dans quel rayon se trouve le livre. C'est le but de la cartographie physique : fournir aux chercheurs le petit fragment d'ADN sur lequel on sait, grâce à des travaux antérieurs, que se trouve le gène qui les intéresse, à charge pour eux de le localiser précisément. Comme on ne peut pas travailler directement sur un filament de 3 milliards de nucléotides, il faut découper l'ADN en tronçons. Il faut ensuite remettre ces tronçons dans l'ordre pour savoir à quel niveau de l'ADN se situe le petit fragment.

## L'homme mis en carte

**Le but de la carte physique du génome humain est de fournir aux chercheurs uniquement le petit fragment d'ADN qu'ils désirent étudier, et non pas l'ensemble de la molécule sur laquelle ils ne pourraient pas se retrouver. Pour obtenir cette carte, on prélève l'ADN de plusieurs cellules (pour la compréhension nous en avons représenté seulement deux) et on les coupe avec des enzymes de restriction, sortes de ciseaux biologiques. On obtient ainsi des fragments de toute taille et se chevauchant, puisque les filaments originaux n'ont pas été coupés aux mêmes endroits. On trie ensuite ces fragments pour les remettre dans l'ordre. On obtient alors ce que l'on appelle une carte physique.**

C'est là que commencent les difficultés. Supposons que le filament d'ADN soit un interminable poème de René Char dont on aurait éparpillé les vers en vrac. Quelqu'un n'ayant pas le sens de la logique poétique serait bien incapable de les remettre dans l'ordre. En revanche, si on prend maintenant plusieurs exemplaires de ce même poème et qu'on les découpe un peu n'importe où, en morceaux de quelques dizaines de vers, on retrouvera forcément des parties communes entre les morceaux comparés deux à deux. Dès lors, en procédant de proche en proche, il sera possible de rétablir le texte d'origine. C'est exactement ce que l'on fait avec l'ADN humain. Plusieurs exemplaires d'ADN humain sont prélevés dans le noyau

de quelques cellules. Ils sont ensuite sectionnés par différentes enzymes de restriction <sup>(2)</sup> particulières qui les coupent en des sites différents, de manière à obtenir une multitude de fragments, 100 000 environ au total. Comme les molécules d'ADN ne sont pas coupées aux mêmes endroits, on obtient donc des fragments de longueurs différentes. La cartographie physique consiste à remettre ces fragments dans l'ordre, en les faisant se chevaucher de proche en proche, de manière à faire apparaître le continuum d'origine (voir dessin ci-contre).

Ces fragments sont des pièces uniques. Aussi doit-on, pour permettre aux chercheurs d'en disposer à volonté, en faire de multiples copies. Pour ce faire, chacun des fragments doit être légèrement bricolé, avant d'être introduit dans l'ADN d'une levure de boulanger, *Saccharomyces cerevisiae*. Le fragment est dès lors appelé YAC (Yeast Artificial Chromosome, ou chromosome artificiel de levure). La levure, en se multipliant en culture, reproduit le YAC en des millions d'exemplaires. Comme il y a 100 000 YAC, il y a 100 000 cultures différentes (ou clones) ; elles constituent ce que l'on appelle une banque génomique. Cette technique des YAC fut inventée en 1987 par Maynard Olson, à l'université de Saint-Louis (Missouri).

Tous les laboratoires du monde spécialisés dans la cartographie physique des génomes humain, animal ou végétal utilisent les YAC. En général, ils en utilisent de relativement courts, de l'ordre de 150 000 nucléotides, car, plus ils sont courts, plus ils ont l'avantage de donner une carte physique précise. Elle est, en revanche, longue à établir, car il en faut un grand nombre, de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers, pour couvrir la longueur de la molécule d'ADN. C'est de cette manière qu'a été établie la carte physique du chromosome sexuel Y, par l'équipe de David Page, au Whitehead Institute (*Science*, vol. 258, p. 60). Carte dont la publication avait coïncidé avec celle du chromosome 21 par Cohen.

Celui-ci a cru pouvoir faire mieux. S'inspirant du fait qu'un puzzle est d'autant plus facile à reconstituer que le nombre de pièces est faible (il est plus facile de reconstituer la carte de France avec des pièces représentant les provinces plutôt que les départements), il a pensé que la carte du génome humain serait d'autant plus facile à établir que les YAC seraient plus longs et donc moins nombreux. Il entreprit donc de faire des YAC plus longs, jusqu'à 810 000 nucléotides. Pour ce faire, plusieurs filaments d'ADN humains furent prélevés dans des cellules puis soumis à cinq découpes différentes qui produisirent 22 000 YAC. Puis, en s'aidant d'un ordinateur, il tenta de rétablir le continuum d'origine en faisant apparaître les chevauchements entre



suite de la page 71

ces divers fragments. C'est ainsi qu'il annonça, dans un premier temps, être parvenu à faire apparaître plus de mille de ces chevauchements.

Ce n'était qu'un début. Daniel Cohen poursuivait sa fuite en avant en produisant des YAC de plus en plus grands, jusqu'à 1, 2 million de nucléotides ou plus, appelés de ce fait méga YAC, avec lesquels il s'attacha à dresser la carte physique du chromosome 21, celle-là même qui se révéla, selon *Science*, totalement fausse.

**Quand on examine les faits, force est de constater que les travaux français sont effectivement bien entachés d'erreurs et d'imperfections.** Les vives critiques d'Anderson sur la cartographie du chromosome 21 ont été encore reprises et amplifiées lors de la récente réunion internationale sur le chromosome 21 qui s'est tenue à Paris les 23 et 24 avril derniers. Les généticiens que nous avons consultés, Piotr Slonimski, spécialiste de renommée mondiale, médaille d'or du CNRS, et Bernard Dujon, chef de l'unité de génétique moléculaire des levures à l'Institut Pasteur – tous deux spécialistes des chromosomes de levure –, sont

d'accord pour admettre que les méga YAC sont des outils peu fiables, car l'objet de "délétions" et de "chimérisme" importants. Délétions, c'est-à-dire pertes de fragments d'ADN. Chimérisme, c'est-à-dire réarrangements entre morceaux d'ADN qui en principe ne devraient pas aller ensemble.

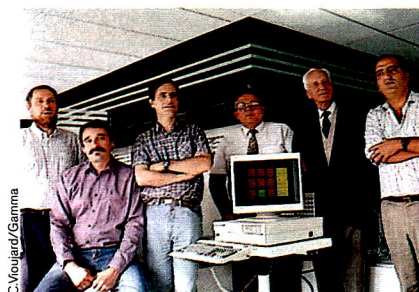
Le Pr Slonimski a beau nous dire « Il vaut mieux avoir une carte que pas de carte du tout. La seule façon de voir si la carte de Cohen est vraie ou fausse, c'est de la refaire ». On ne voit pas comment on pourrait obtenir une carte juste avec des méga YAC erronés. D'autant plus que ces accidents, qui surviennent lors des manipulations de l'ADN avec les enzymes de restriction et la levure, sont en proportion de la taille des YAC. « Les méga YAC présentent tous les défauts des YAC mais considérablement amplifiés. Dans des YAC de taille moyenne, le chimérisme est déjà de l'ordre de 5 à 10 % ; dans les méga YAC, il est considérablement plus élevé (peut-être de l'ordre de 60 % ou plus). Les cartes obtenues sont donc forcément fausses. Le moins que l'on puisse dire est que les méga YAC sont un outil très imparfait », nous dit le Pr Gérard Lucotte, professeur de génétique à l'hôpital Cochin (Paris).

Comme si cette histoire ne suffisait pas, une seconde polémique concerne les travaux de Charles Auffray, directeur scientifique du programme Genexpress du même Généthron. Là aussi, le travail avait été réalisé à grand renfort de publicité. Le 18 octobre dernier, ce chercheur remettait cérémonieusement et symboliquement à l'UNESCO, conférence de presse à l'appui, quelque 2 000 séquences d'ADN humain, caractéristiques de gènes d'une lignée cellulaire particulière du sang. Ces séquences, décryptées par le Généthron et stockées dans la base de données publique du laboratoire européen de biologie moléculaire à Heidelberg (EMBL), étaient mises gratuitement à la disposition de l'ensemble de la communauté scientifique internationale, sans aucune restriction. Par

ce geste, Charles Auffray entendait « exprimer son soutien en faveur du libre accès de l'ensemble de la communauté scientifique aux informations transmises par les bases de données électroniques internationales ». En clair, il voulait dire par là que la France s'opposait au brevetage des gènes pratiqué par les Américains.

La grandeur de ce geste n'échappa à personne. Cependant, ce cadeau fait

à l'humanité s'est révélé beaucoup moins important que ce qu'il paraissait de prime abord. Une étude réalisée par deux équipes étrangères indépendantes a révélé que ces séquences étaient contaminées (certaines jusqu'à 85 %) par des levures et des bactéries non identifiées. Contamination également retrouvée par des experts français travaillant, eux aussi, en toute indépendance. Les problèmes de contamination proviennent, selon Auffray, de ce qu'il avait acheté la banque à un fournisseur privé californien. Il n'a d'ailleurs fait aucune difficulté pour reconnaître ses torts : il savait très bien que la banque qu'il s'était procurée était contaminée. Ce qui n'excuse rien. « Ces contaminations sont fréquentes quand on s'approvisionne auprès des fournisseurs privés, dit Bernard Dujon. Mais, lorsqu'on est un scientifique rigoureux, on n'achète pas ses banques, on les fait soi-même ». Le Pr Slonimski partage cet avis. Conclusion de Gérard Lucotte : « Toutes ces querelles trouvent leur source dans la médiatisation forcenée de la recherche réalisée au Généthron ». Un exemple patent des effets pervers de la médiatisation de la science. ■



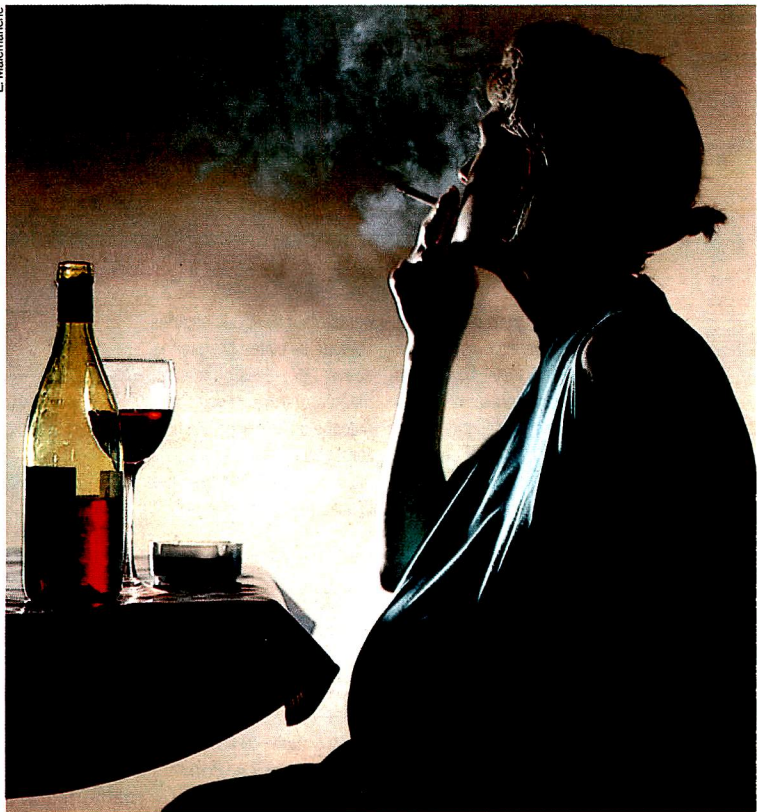
**L'équipe du Généthron, dont le Pr Dausset (en sombre), Daniel Cohen (à droite) et Charles Auffray (à l'extrême-gauche).**



# Mère alcoolique, enfant retardé mental

**Le "syndrome d'alcoolisme fœtal", provoqué par l'alcoolisme de la mère, entraîne des malformations chez l'enfant et une déficience intellectuelle à l'âge adulte. C'est sans doute la première cause d'arriération mentale. Découvert par un Français, il a été confirmé par des chercheurs américains et allemands.**

E. Malemanche



PAR ALEXANDRE DOROZYNSKI

Il y a vingt-cinq ans, le pédiatre nantais Paul Lemoine identifiait pour la première fois chez de nombreux enfants de mères alcooliques un aspect très particulier du visage, un gros retard de croissance, avec microcéphalie (tête trop petite) et autres malformations. A l'époque, ses observations furent accueillies avec incrédulité, car de nombreux enfants d'alcooliques sont apparemment normaux. Dans les années qui suivirent, cependant, d'autres équipes de chercheurs confirmèrent la réalité des observations du Dr Lemoine, et le terme de "syndrome d'alcoolisme fœtal" (SAF) fut adopté pour désigner l'ensemble de ces malformations.

Il y a trois ans, le Dr Lemoine voulut connaître le sort des enfants atteints du SAF sur lesquels il avait mené sa première étude clinique. Mais il ne put les retrouver, ni en écrivant à leurs parents, ni en contactant les médecins et services sociaux qui les avaient autrefois pris en charge. Sachant que ces enfants avaient eu des troubles du comportement, il fit alors des recherches dans tous les établissements pour déficients intellectuels en Loire-Atlantique.

Il retrouva ainsi 77 de ses anciens patients, et rencontra 28 autres jeunes adultes nés de mères alcooliques. Son constat est catastrophique : alors que certaines anomalies physiques caractéris-

suite de la page 73

tiques du SAF s'atténuent avec l'âge, l'atteinte du cerveau, qui passe souvent inaperçue chez le nourrisson et le jeune enfant, perdure, elle, jusqu'à l'âge adulte, entraînant une déficience intellectuelle et des troubles du comportement.

Le pédiatre nantais a constaté que les malformations faciales, apparentes chez les nourrissons et les jeunes enfants, se modifient de façon curieuse pendant la croissance. Chez le nourrisson, les principales anomalies du visage sont un manque de développement de la base du nez, donnant un front exagérément bombé et un petit nez retroussé ; la lèvre supérieure est mince et rétractée, avec un profil convexe, le menton est petit et en retrait, les oreilles sont souvent déformées. Chez l'adulte, la lèvre supérieure et les oreilles gardent habituellement leurs anomalies, mais le

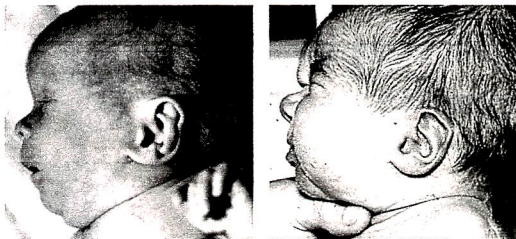
si, 63 des individus qui étaient atteints à leur naissance d'un SAF classé comme grave sont tous des débiles, dont 8 arriérés profonds, sans aucun langage ; 8 sont des grands débiles, avec un quotient intellectuel (QI) inférieur à 5 et un langage réduit à quelques mots ; 32 des débiles moyens, avec un QI entre 50 et 65, et 15 des débiles légers – QI de 60 à 75. (Rappelons que le quotient intellectuel, est un indice déterminé par diverses épreuves servant à évaluer l'âge mental d'un individu ou ses capacités intellectuelles. Le QI moyen d'une population est, par définition, 100.)

Les 28 individus chez qui un SAF "léger" avait été diagnostiqué pendant leur enfance ont tous eu de grosses difficultés scolaires nécessitant un enseignement spécialisé et une prise en charge à l'âge adulte. Trois seulement ont obtenu un CAP,

## LES SYMPTOMES A LA NAISSANCE

Des malformations faciales sont caractéristiques du syndrome d'alcoolisme fœtal. Le signe le plus constant (photos ci-contre) est une lèvre supérieure mince et rétractée, au profil convexe. Le nez est retroussé, le front souvent étroit et bombé,

contrastant avec des arcades sourcilières plates. Les oreilles, souvent décollées ou mal implantées, peuvent avoir l'hélix déformé, au bord supérieur horizontal. La dimension de la tête est presque toujours inférieure à la normale (microcéphalie).



D. R.

nez et le menton se développent souvent à l'excès, donnant, paradoxalement, un visage allongé avec un grand nez et un gros menton.

**Beaucoup de SAF ont aussi des malformations organiques, surtout cardiaques.** Pour le Dr Lemoine, la malformation la plus grave est la microcéphalie et ses conséquences. Presque tous les SAF adultes ont un périmètre crânien inférieur à 50 cm, soit celui d'un enfant normal de trois ans. «La raison en est que le cerveau se développe très précocement, surtout pendant la grossesse et les premiers mois de la vie, explique-t-il. La microcéphalie d'un nourrisson est irréversible, puisque l'enfant normal d'un an a déjà constitué les trois quarts de son volume cérébral définitif, avec des neurones qui ne se renouvelleront pas.» (*Annales de pédiatrie* n° 4, 1992.)

C'est donc l'atteinte cérébrale qui mène aux troubles psychiques et caractériels et au retard intellectuel chez l'adulte né d'une mère alcoolique. Ce retard, difficile à évaluer chez le nourrisson et le jeune enfant, devient souvent gravissime. Ain-

si, 63 des individus qui étaient atteints à leur naissance d'un SAF classé comme grave sont tous des débiles, dont 8 arriérés profonds, sans aucun langage ; 8 sont des grands débiles, avec un quotient intellectuel (QI) inférieur à 5 et un langage réduit à quelques mots ; 32 des débiles moyens, avec un QI entre 50 et 65, et 15 des débiles légers – QI de 60 à 75. (Rappelons que le quotient intellectuel, est un indice déterminé par diverses épreuves servant à évaluer l'âge mental d'un individu ou ses capacités intellectuelles. Le QI moyen d'une population est, par définition, 100.)

Les 28 individus chez qui un SAF "léger" avait été diagnostiqué pendant leur enfance ont tous eu de grosses difficultés scolaires nécessitant un enseignement spécialisé et une prise en charge à l'âge adulte. Trois seulement ont obtenu un CAP,

et six ont une autonomie relative, vivant avec un camarade et sous tutelle. «Les troubles du comportement persistent aussi, expliquant bien des échecs, écrit le Dr Lemoine. Ils empêchent ces sujets d'utiliser de façon efficace leurs possibilités intellectuelles et même manuelles. Ils ne peuvent se concentrer sur un travail et ont souvent du mal à conserver un emploi, par suite d'immaturité, de grande instabilité, de dysharmonie.»

Deficience intellectuelle et troubles du comportement se retrouvent, à peine atténués, chez les individus ayant été classés parmi les SAF légers. Plus inquiétant encore, ajoute le pédiatre, est le fait que des enfants de mère alcoolique qu'il a rencontrés dans diverses institutions présentent, même lorsqu'ils n'ont aucune malformation faciale caractéristique du SAF, ces mêmes troubles psychiques et caractériels.

Le Dr Lemoine a pu faire des sondages précis dans quelques établissements pour adultes ou adolescents débiles moyens, dont 15 à 20 % sont nés de mère alcoolique. «Je ne serais pas surpris, ajou-



te-t-il, si l'alcoolisme maternel était la première cause de la déficience mentale en France.»

En 1991, le Dr Ann P. Streissguth, en collaboration avec des médecins et psychiatres de Seattle (Etat de Washington) et Vancouver (Colombie Britannique), en arrive à des conclusions presque identiques après une étude portant sur 61 enfants SAF suivis jusqu'à l'adolescence et, pour 18 d'entre eux, jusqu'à l'âge adulte (*Journal of the American Medical Association* n° 15). Les auteurs soulignent qu'aux Etats-Unis, il est maintenant admis que le syndrome d'alcoolisme fœtal est la cause principale connue de l'arriération mentale, avant même la trisomie du chromosome 21 (mongolisme) et le *Spina bifida* (fissure congénitale du rachis). L'analyse statistique des données relevées par les auteurs est tradui-

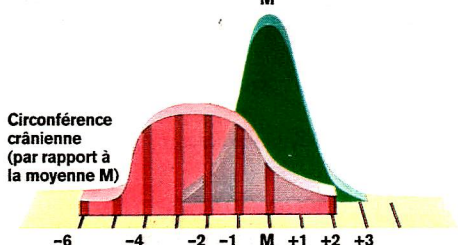
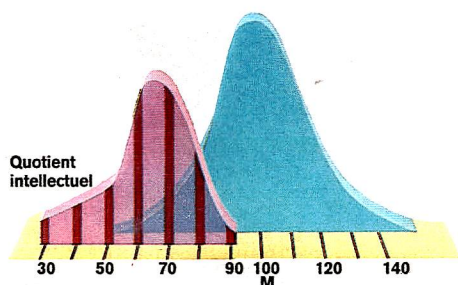
te, notamment, par deux courbes convaincantes : l'une reflète la circonférence du crâne, l'autre les résultats de diverses épreuves du QI. Chez les sujets SAF, le décalage par rapport à la moyenne est quasiment identique pour les deux (voir graphiques ci-contre). Les chercheurs américains et canadiens soulignent, comme le Dr Lemoine, que les dégâts provoqués par l'alcoolisme maternel s'observent même chez des adultes pour lesquels le diagnostic du SAF n'avait pas été fait à leur naissance.

L'étude allemande menée par l'équipe du Dr Hans Spohr, à Berlin, porte, elle, sur 72 nourrissons diagnostiqués SAF à leur naissance en 1977 et examinés plus de dix ans plus tard. Si les malformations physiques ont nettement régressé, ces chercheurs ont constaté que la microcéphalie, présente chez les neuf dixièmes des enfants à la naissance, a persisté chez les deux tiers d'entre eux, et que la plupart avaient, là aussi, un QI inférieur à la moyenne (*The Lancet*, 10 avril 1993).

## PETITE TÊTE, FAIBLE QI

Ces deux graphiques établissent la relation entre la microcéphalie chez les adultes atteints du syndrome d'alcoolisme fœtal et l'arriération mentale dont ils sont les victimes. Dans le graphique du bas, les colonnes rouges représentent le décalage de la circonférence du crâne chez 32 jeunes adultes atteints du SAF par rapport aux circonférences moyennes de la population générale (courbe en cloche verte).

Le graphique du haut établit le même genre de comparaison, cette fois entre le quotient intellectuel de 38 patients SAF et le QI moyen de la population. Le QI moyen des sujets SAF est de 66, bien en dessous de 100, moyenne du QI dans la population générale. On peut constater que les courbes du diamètre crânien et celles du QI sont quasiment superposables. (D'après A. P. Streissguth, *JAMA*.)



### Le Dr Lemoine insiste sur le risque énorme, encore souvent méconnu, auquel une mère alcoolique expose son enfant si elle boit durant la grossesse, et sur les bienfaits de la désintoxication.

Dix mères d'enfants SAF de son enquête originale ont cessé de boire et ont eu par la suite des enfants normaux. Le pédiatre en a examiné quelques-uns à l'âge adulte, et ils sont bien normaux. La chronicité de l'alcoolisme, en revanche, augmente le risque : si une femme continue à boire, même s'il y a une diminution des doses, la gravité du syndrome chez ses enfants augmente à chaque grossesse, sans doute à la suite d'altérations de l'organisme maternel par alcoolisme chronique. «Ce fait est capital, dit-il, car les doses modérées d'alcool, habituellement inoffensives, peuvent être dangereuses chez une alcoolique ayant subi des altérations métaboliques.»

Une véritable prévention devrait donc commencer avant la conception, et non après le début de la grossesse de la future mère. D'autant que, souligne le Dr Lemoine, de nombreuses expériences chez l'animal et des observations cliniques ont montré que c'est surtout pendant les premières semaines de la gestation que l'alcool est un puissant tératogène (substance provoquant des malformations congénitales). Mais le mécanisme précis de cette tératogénicité est encore inconnu.

Le Dr Lemoine, comme ses confrères américains et allemands, souligne que le syndrome, malgré sa fréquence, échappe souvent au diagnostic à la naissance, au moment où des mesures pourraient être prévues pour surveiller le développement de l'enfant et, au besoin, faciliter son insertion sociale. ■

# La molécule qui trie les spermatozoïdes

PAR MARGUERITE TIBERTI

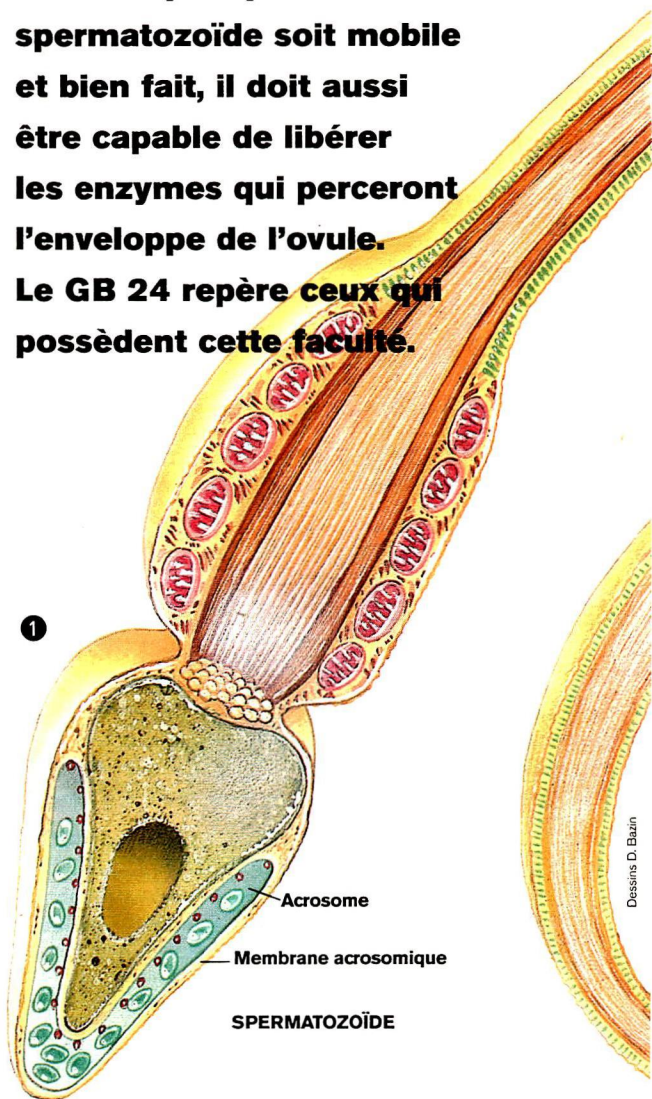
**En amont :** l'unité INSERM 210 de la faculté de médecine de Nice. **En aval :** Théraxem, un laboratoire pharmaceutique monégasque. **Au centre :** Aster biotechnologies, une petite entreprise de recherche et développement de La Gaude, dans les Alpes-Maritimes. Résultat : la naissance de "GB 24" et d'"Acrotest", deux produits pour le diagnostic des stérilités masculines. GB 24 est déjà disponible depuis trois ans. Acrotest a fait ses premiers pas en mars.

Pour évaluer la fertilité d'un homme, les laboratoires d'analyses médicales devaient, jusqu'en 1991, se contenter d'examiner son sperme avec un microscope optique classique : si l'éjaculat comptait 60 millions de spermatozoïdes, si 60 % de ces spermatozoïdes étaient mobiles, et si ceux qui avaient deux têtes, deux flagelles, ou recelaient une quelconque anomalie, ne représentaient pas plus de 30 à 40 %, on considérait que le sperme était normal.

Bien que toujours utilisé, cet examen est souvent insuffisant car, pour être fécondant, il ne suffit pas qu'un spermatozoïde soit mobile et bien fait, il doit être capable de reconnaître l'ovule et de fusionner avec lui. Il acquiert ces capacités lors de sa maturation dans le haut des voies génitales femelles. La dernière étape de cette "capacitation" se nomme réaction acrosomique. Elle consiste en la libération, par les spermatozoïdes, des enzymes qui perceront les enveloppes de l'ovule (voir dessin ci-contre).

On peut provoquer *in vitro* cette modification et l'observer au microscope électronique. Les chercheurs l'ont suffisamment étudiée pour savoir qu'un éjaculat normal compte 20 % de spermatozoïdes capables de l'accomplir. Mais, comp-

**Pour être fécondant, il ne suffit pas qu'un spermatozoïde soit mobile et bien fait, il doit aussi être capable de libérer les enzymes qui perceront l'enveloppe de l'ovule. Le GB 24 repère ceux qui possèdent cette faculté.**

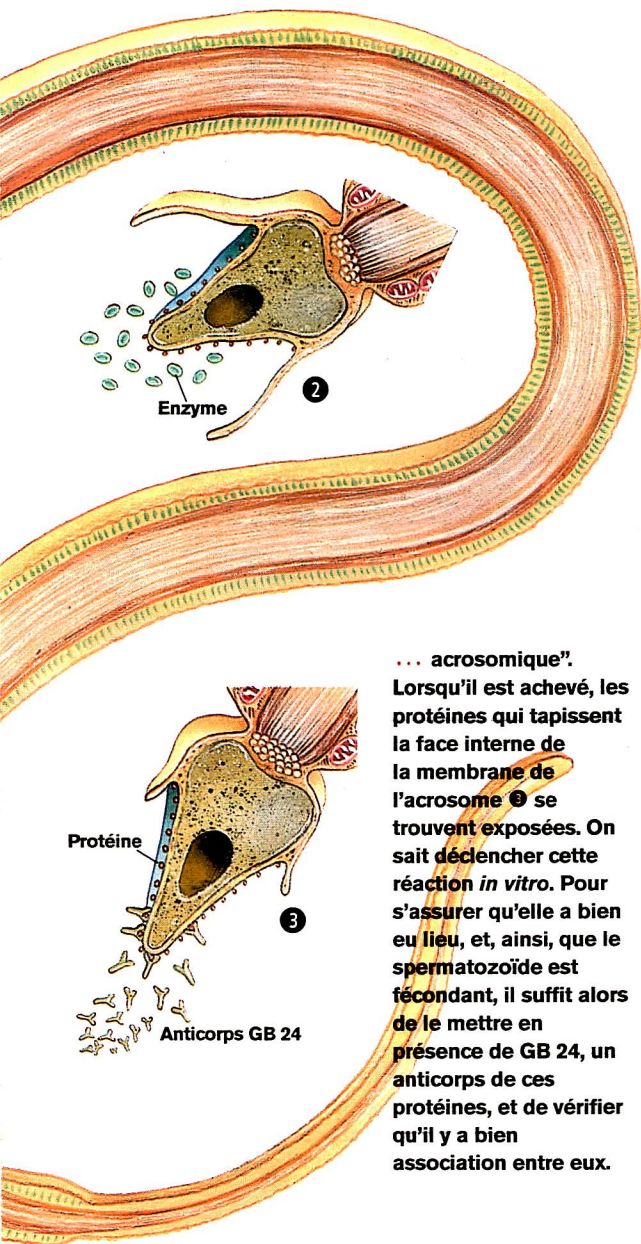




## Comment le spermatozoïde devient fécondant

De la même manière qu'on doit retirer l'épée de son fourreau avant d'en utiliser la lame, le spermatozoïde ① doit se débarrasser de la membrane qui ferme sa cavité acrosomique pour libérer les

enzymes ② qui iront percer l'enveloppe de l'ovule et lui permettront d'y pénétrer. Ce processus, qui s'opère une fois que le spermatozoïde est en vue de sa "cible", est nommé "réaction ...



... acrosomique".

Lorsqu'il est achevé, les protéines qui tapissent la face interne de la membrane de l'acrosome ③ se trouvent exposées. On sait déclencher cette réaction *in vitro*. Pour s'assurer qu'elle a bien eu lieu, et, ainsi, que le spermatozoïde est fécondant, il suffit alors de le mettre en présence de GB 24, un anticorps de ces protéines, et de vérifier qu'il y a bien association entre eux.

te tenu du prix de ces microscopes, l'observation de la réaction acrosomique ne pouvait être employée pour le diagnostic des stérilités.

Il en va autrement depuis la découverte, par le niçois Patrick Fénichel (unité INSERM 210), d'un nouvel espion de la réaction acrosomique, l'anticorps GB 24.

**Un anticorps est une molécule sécrétée par l'organisme pour lutter contre l'invasion par un corps étranger.** Cette molécule

a pour but d'exterminer l'intrus. Tous les anticorps sont composés de quatre chaînes protéiques. Ils diffèrent les uns des autres par leur séquence d'acides aminés. Ces molécules sont, de plus en plus souvent, utilisées comme "marqueurs biologiques". Dans ce cas, on ne cherche pas à déterminer la séquence des acides aminés qui composent l'anticorps ; on se contente d'injecter différents corps étrangers à des animaux de laboratoire et de récupérer les anticorps qu'ils produisent. Ces anticorps sont alors mis en présence de tel ou tel fragment de tissu humain. S'ils se fixent sur un seul type de tissu, ils constituent un marqueur spécifique pour ce tissu. En revanche, un marqueur se fixant indifféremment sur les membranes du foie, du poumon, du pancréas ou des muscles n'a rien de spécifique.

GB 24, ainsi fabriqué et testé "à la chaîne", s'est avéré suffisamment précis pour devenir un marqueur. Il s'accroche aux globules rouges et... à la face interne de la membrane acrosomique qui protège les enzymes avant leur libération (voir dessin ci-contre). En présence de spermatozoïdes, il ne se fixera que sur ceux dont cette membrane aura été mise à nu par la réaction acrosomique.

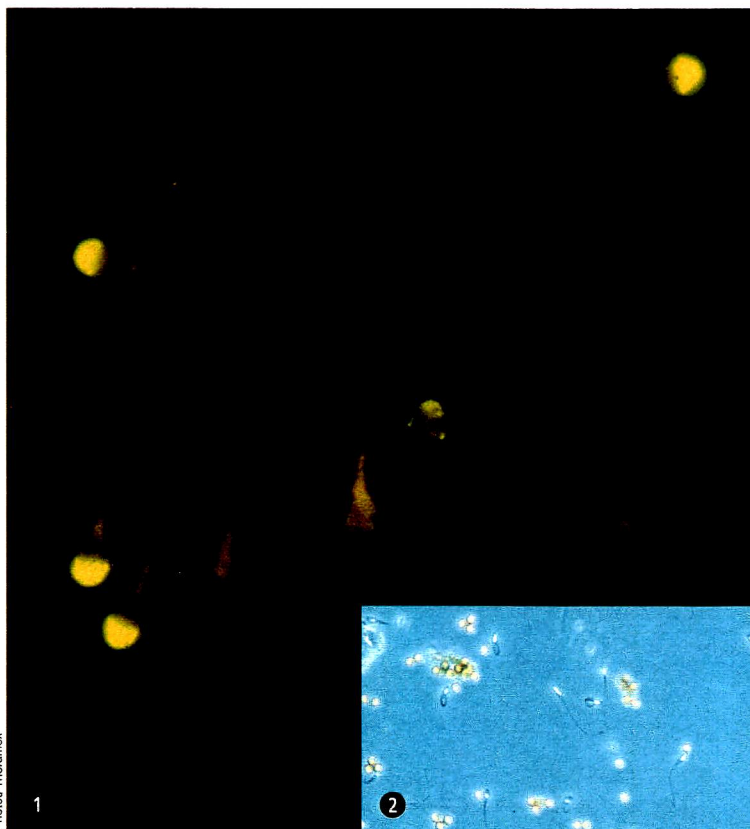
Ce marqueur serait resté discret (petit et incolore) si Aster biotechnologies ne lui avait donné des associés plus voyants, adaptés chacun à une méthode différente de comptage des spermatozoïdes. Pour les laboratoires qui disposent d'un cytomètre, un appareil de comptage automatique des particules, Théraxem, qui a pris en charge la commercialisation du produit, propose une solution de GB 24, tout simplement appelée "GB 24" ! Elle coûte 2 900 F et permet de réaliser 100 tests. Il suffit de rajouter de la phycoérythrine à GB 24, et les spermatozoïdes "marqués", c'est-à-dire fécondants, deviennent rouge fluo. Cette méthode est utilisée dans une vingtaine de centres de fécondation *in vitro* (FIV).

Les laboratoires qui utilisent un microscope à fluorescence, eux, rajoutent de la fluorescéine à GB 24 ; les spermatozoïdes fécondants sont alors vert fluo.

## Repérés par la molécule espion

Le GB 24, associé à un colorant ou à des billes de latex, permet de détecter les spermatozoïdes féconds : sous le microscope à fluorescence ①, ils apparaissent "habillés" de vert fluo, alors qu'au microscope électronique ②, ils sont révélés par les micro-billes enrobées de GB 24 qui se sont fixées sur leur membrane acrosomique. A noter que, parfois, il se forme des ménages à trois : deux billes pour un spermatozoïde ou deux spermatozoïdes pour une bille.

Photos Thérax



### suite de la page 77

La troisième technique fait appel à un produit plus élaboré, "Acrotest". Grâce à un procédé qui reste son secret, Aster biotechnologie enrobe des billes de latex de 4,5 micromètres ( $\mu\text{m}$ ) d'une multitude de molécules de GB 24. Les spermatozoïdes féconds sont alors marqués par cette bille visible au microscope électronique classique (photo ②).

**En poussant l'astuce un peu plus loin, Aster espère coupler GB 24 à des billes magnétiques.** Cela permettrait de capturer les spermatozoïdes les plus féconds avant de pratiquer une procréation *in vitro*. Une manœuvre qui peut s'avérer particulièrement intéressante dans le cas d'une FIV assistée. Justement parce que celle-ci consiste à effectuer une micro-injection de spermatozoïdes sous les enveloppes de l'ovule. Actuellement, on injecte plusieurs spermatozoïdes, en espérant que l'un d'entre eux sera fécondant. Demain, un seul alors suffirait. Mais, selon Christian Vitori, d'Aster biotechnologies, de quatre à cinq ans

d'études sont encore nécessaires.

A plus long terme encore, on peut espérer fabriquer, à partir de GB 24, un vaccin contraceptif pour les femmes. En effet, un spermatozoïde dont la tête se trouverait hérissée d'anticorps dès la réaction acrosomique ne pourrait plus pénétrer dans l'ovule. Cela ne pourra pas se faire en injectant, par voie sanguine, du GB 24 aux hommes car on a vu que cette molécule reconnaît aussi les cellules sanguines.

En revanche, on espère isoler l'antigène de GB 24, c'est-à-dire la protéine de la membrane de l'acrosome que reconnaît GB 24. On pourrait alors l'injecter aux femmes qui, par réaction à ce corps étranger, produiraient un anticorps voisin de GB 24, mais plus spécifique.

Concluons plus concrètement sur le chiffre des ventes de GB 24. Depuis 1991, une centaine de boîtes (soit 10 000 tests) ont été distribuées, pour un marché qui, selon Thérax, est de 7 000 tests par an. Mais l'entreprise retient prudemment son cocorico, car bon nombre de ces tests ont été distribués gratuitement pour essai.



# EN ATTENDANT DE REFAIRE LE MONDE ON PEUT DÉJÀ FAIRE UN FROMAGE !

En cadeau dans SVJ de juin, un sachet de levure spéciale pour faire son fromage soi-même, et un dossier complet sur la chimie du fromage. Bon appétit !



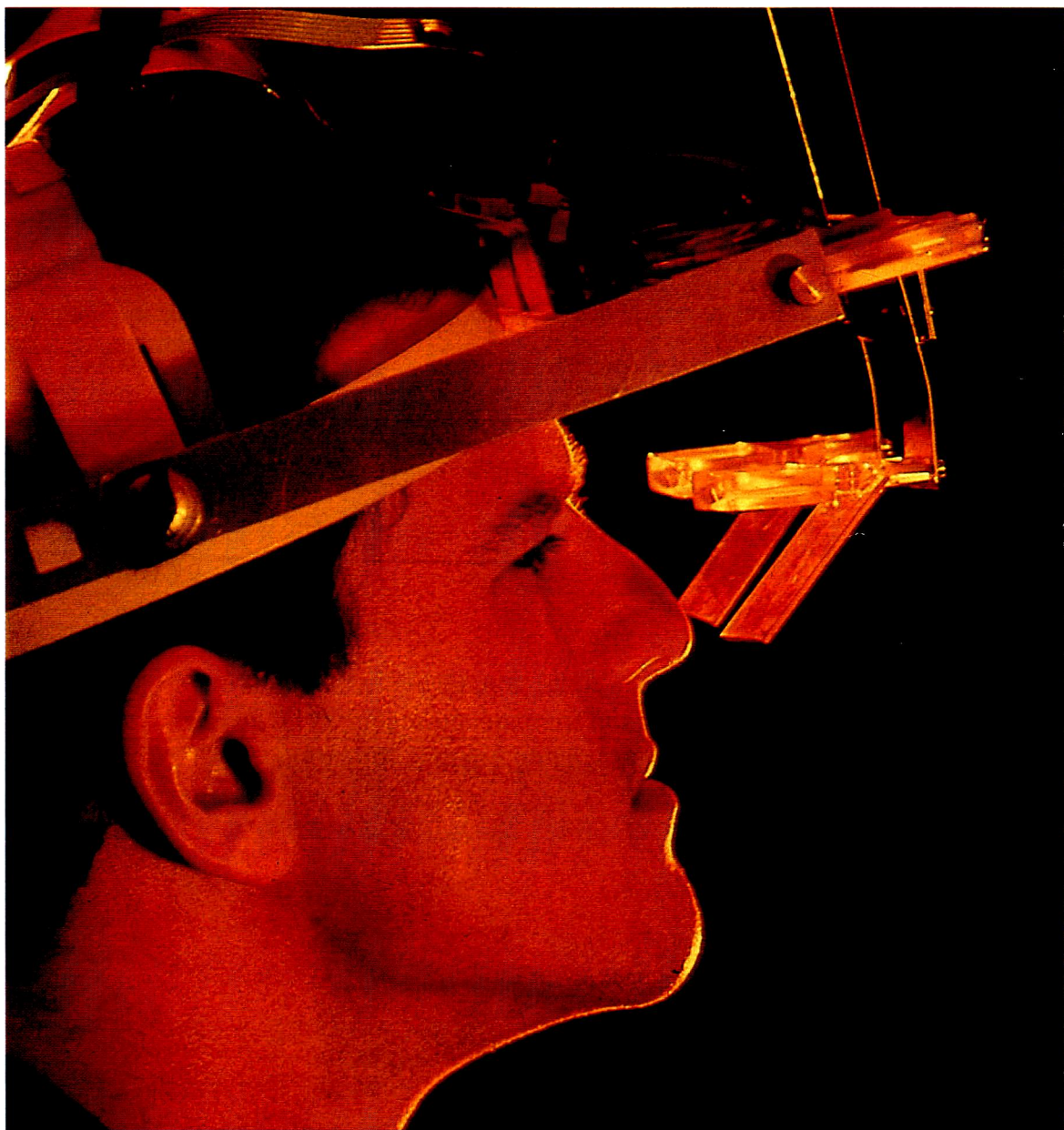
SCIENCE & VIE  
**JUNIOR**

EN KIOSQUE LE MERCREDI 19 MAI

POUR CEUX QUI VONT REFAIRE LE MONDE.

i n f o r m **a** t i q u e

# Les folies de la



**Voir à travers le corps** Cette application inattendue de la réalité virtuelle est en cours d'étude à



# réalité virtuelle



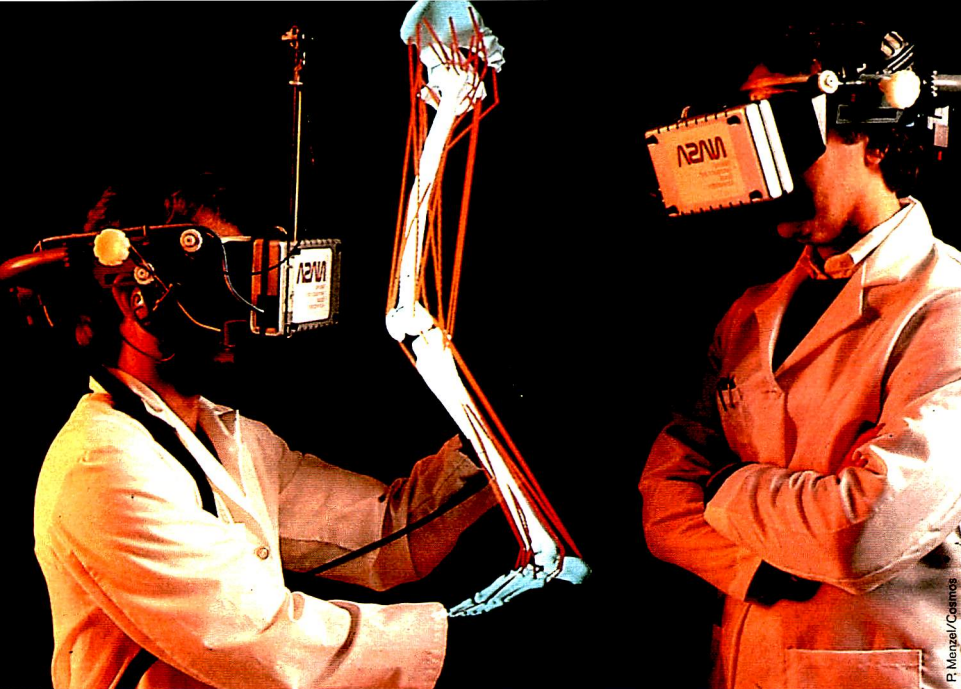
l'université de Caroline du Nord, à Chapel Hill.

P. Menzel/Corbis

**La réalité virtuelle est sortie des laboratoires. Désormais, l'ordinateur nous invite tous à plonger dans un univers d'images de synthèse d'un réalisme de plus en plus convaincant. L'avenir de l'homme, c'est le "cyberspace", clament les gourous du virtuel. En partie responsables de cette flambée de cybermania, les chercheurs appellent aujourd'hui à la raison. Trop tard ?**

PAR EDOUARD LAUNET

**A**vez-vous déjà voyagé en Réalité Virtuelle ? Ceux qui ont tenté l'expérience en sont revenus éberlués : ils ont vu l'Avenir ! Le vice-président des Etats-Unis Albert Gore est du nombre. «La réalité virtuelle est un atout majeur pour l'Amérique du XXI<sup>e</sup> siècle», soutient-il aujourd'hui. Timothy Leary, l'ancien apôtre du LSD, est bien d'accord, qui s'est converti parmi les premiers à ces nouveaux paradis artificiels (*cyberspaces*, en version anglaise). Yoko Ono, en quête peut-être des Strawberry Fields de son défunt Lennon de mari, ainsi que les membres du groupe Grateful Dead, nostalgiques du psychédélisme des années soixante-dix, leur ont emboîté le pas. La réalité virtuelle, dernier refuge des illuminés ? Apparemment pas : on croise aussi dans les *cyberspaces* des gens très comme il faut : ingénieurs de la NASA, chercheurs d'IBM... jusqu'au porte- ▶



## Finis les explications abstraites

Avec la réalité virtuelle, deux interlocuteurs peuvent voir, en trois dimensions, l'objet de leur discussion ; ici, une jambe. Cette photo est un montage destiné à permettre au lecteur de voir ce dont il s'agit ; l'image de la jambe n'apparaît en réalité qu'aux personnes portant un casque.

*suite de la page 81*

parole de l'Eglise française, le père Di Falco. Pour rejoindre ce beau monde, il suffit d'enfiler un casque et des gants un peu spéciaux (voir encadré ci-contre). Vous voilà soudain propulsé dans un univers d'illusions. Très exactement, un monde d'images de synthèse tridimensionnelles, créées et animées par un ordinateur. L'aventure peut sembler peu palpitante. Des images de synthèse, tout le monde en a vu. Celles-là, il faut les vivre : elles vous entourent, on peut les toucher. Elles se substituent totalement au monde réel : dans une "église virtuelle", par exemple, levez la tête et vous verrez les voûtes du chœur. Tournez-vous et vous découvrirez la nef. Un quart de tour, voilà le transept. Croyez-en le père Di Falco : il a fait l'expérience dans l'église abbatiale de Cluny... qui fut pourtant détruite voilà plus de deux siècles ! L'édifice a été ressuscité par des étudiants des Arts et Métiers, avec le soutien technique d'IBM. Le résultat est saisissant de réalisme. Miracle des images informatiques et des techniques d'interfaçage homme-machine capables de vous y plonger pour de bon. Ou presque.

**Car l'illusion n'est pas encore parfaite. Un mouvement un peu rapide de la tête affole l'ordinateur**, et le monde virtuel se met à danser pendant quelques secondes, le temps pour les microprocesseurs de remettre les pixels en ordre. La définition de l'image laisse également à désirer : les décors sont un peu grossiers, mals finis. Mais demain, avec plus de puissance de calcul, de meilleurs logiciels et des systèmes de visualisation plus performants, ces problèmes seront ré-

solus. Il n'y a en effet aucun obstacle technologique sérieux sur la route d'une réalité virtuelle plus vraie que nature.

Quelles expériences allons-nous vivre dans ces pays de cocagne de l'ère numérique ? Pour se

## LA PANOPLIE DU PARFAIT

Pour plonger dans l'univers de la réalité virtuelle, le voyageur enfle un casque doté de deux écrans à cristaux liquides donnant, à celui qui le revêt une vision en relief des images numériques calculées par l'ordinateur, ainsi qu'un ou deux gants grâce auxquels on peut manipuler les objets virtuels. Un dispositif intégré au casque tient l'ordinateur informé en permanence des mouvements de la tête de l'opérateur, afin de présenter instantanément à celui-ci la vue correspondant à la direction de son regard. Divers accessoires permettent parfois de parfaire l'illusion : un tapis roulant qui permet à l'utilisateur d'explorer son monde virtuel... en marchant réellement, des écou-

teurs délivrant un son "tridimensionnel" (dont l'origine peut être localisée dans l'espace), ou bien encore des dispositifs mécaniques de "retour d'effort" conférant le sens du toucher (ils permettent de faire ressentir le poids ou la dureté d'un objet virtuel). A l'exception (sans doute provisoire) de l'odorat, tous les sens sont mobilisés. Le "cybernaute" est totalement coupé de son environnement. Le prix d'un système complet varie entre quelques centaines de milliers de francs et plusieurs millions, le degré de réalisme étant à l'avenant. Les moins coûteux sont à base de micro-ordinateurs, les plus répandus à base de stations de travail puissantes comme celles de l'américain Silicon Graphics.





Renaud "P'ti Voleur", L. Furey/Program 33

## Changez de tête !

L'image de synthèse permet toutes les métamorphoses. En réalité virtuelle, en effet, chacun peut apparaître aux yeux des autres sous les traits de son choix : éphèbe, ours en peluche, chien (comme sur cette image extraite d'un clip vidéo du chanteur Renaud)...

faire la main, les étudiants en chirurgie opéreront des malades de synthèse. Les architectes visiteront leurs bâtiments avant même que ceux-ci soient sortis de terre. Les ingénieurs de la NASA contrôleront depuis le sol des robots pla-

cés en orbite : plongés dans l'environnement sensoriel des machines, ils pourront commander celles-ci comme s'ils étaient à leur place (technique dite de téléprésence). Les constructeurs automobiles évalueront l'habitabilité de leurs futurs véhicules en s'immergeant dans les modèles numériques correspondants. Les parties de Cluedo (le célèbre jeu de société) se dérouleront en trois dimensions : entre salon et bibliothèque, on croquera peut-être le colonel Moutarde, poignard ou chandelier à la main...

## EXPLORATEUR DU VIRTUEL



R. Heimogen

Jaron Lanier, gourou et prophète du monde virtuel.

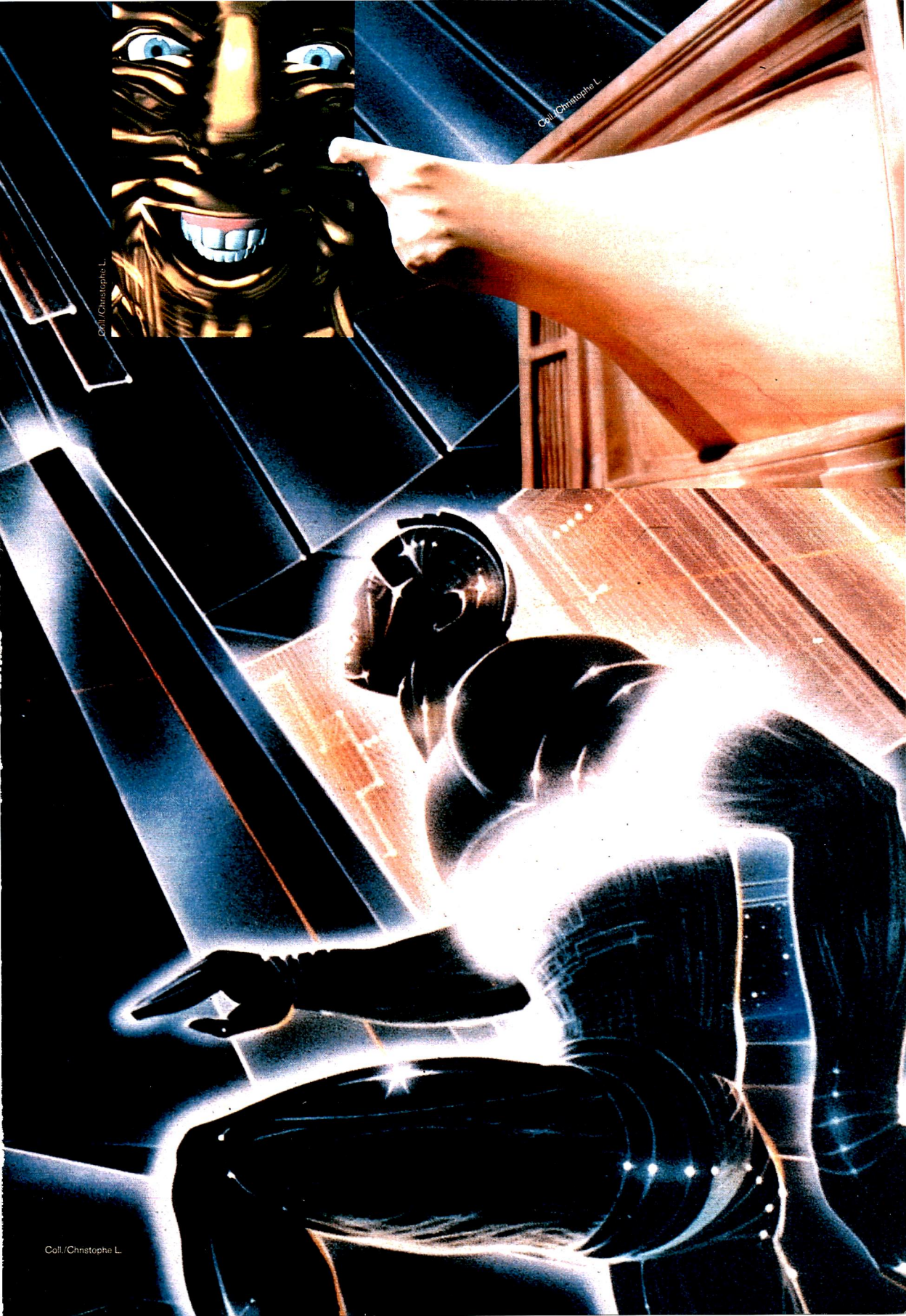
**Mieux : les pharmacologues accéderont demain à un monde microscopique dans lequel ils pourront directement manipuler leurs molécules.** Grâce à un mécanisme de retour d'effort, ils pourront physiquement éprouver les répulsions électrostatiques entre leurs édifices moléculaires afin de trouver plus vite la bonne clé (molécule de principe actif) pour la bonne serrure (récepteur cellulaire). Les secrétaires ne seront plus rivées à l'écran de leur micro-ordinateur mais se déplaceront dans un univers de Macintosh en trois dimensions : effleurées de la main, les petites icônes s'ouvriront comme par magie. Les fichiers informatiques se visiteront comme des galeries de peinture.

Ces applications n'ont rien d'improbable, puisque toutes existent à un stade plus ou moins expérimental (voir *Science & Vie* n° 890). Les prophètes de la réalité virtuelle nous le promettent : demain, nous évoluerons dans des environnements de synthèse taillés à la mesure de nos fantasmes et de nos humeurs. «La réalité virtuelle va étendre les pouvoirs de l'être humain», affirme Robert Jacob-

## Tous des Tron !

Il n'aura fallu que dix ans pour que le scénario de *Tron*, le célèbre film de Disney, passe du statut de fiction à celui de réalité. Sa trame : happé au travers de l'écran de sa console, un jeune amateur de jeux vidéo se retrouve dans un univers de fantaisie électronique. C'est très exactement ce que permet aujourd'hui à tout un chacun la réalité virtuelle.



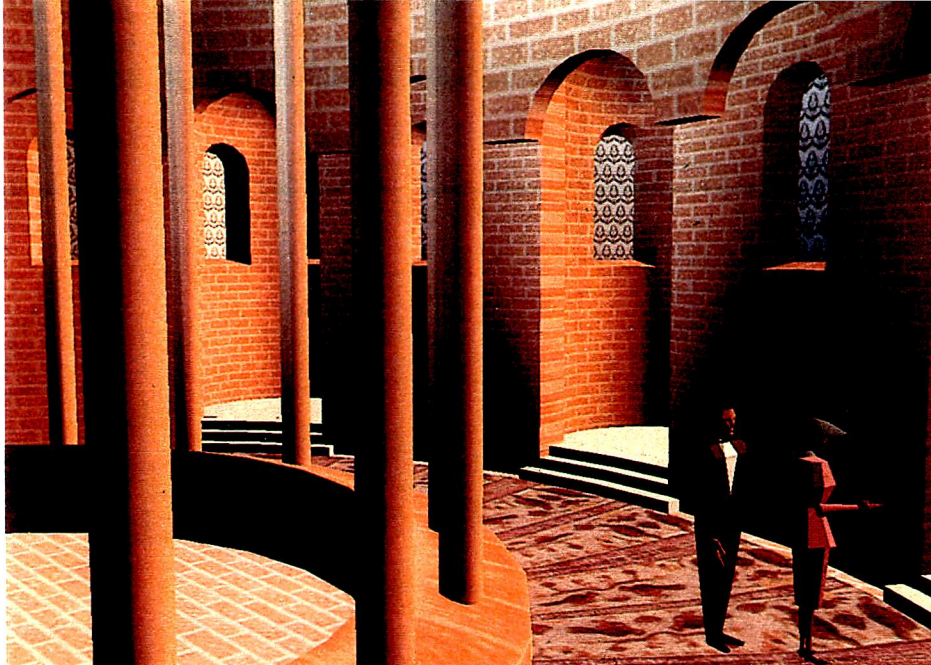


Coll/Christophe L.

Coll/Christophe L.

Coll./Christophe L.





## Visitez l'abbaye de Cluny

Détruite il y a plus de deux siècles, elle renaît de ses cendres... et se visite ! IBM et des étudiants des Arts et Métiers l'ont ressuscitée en réalité virtuelle à partir des travaux de l'architecte américain K. J. Conant.

Medialab

### suite de la page 83

son, patron de WorlDesign, une entreprise spécialisée dans les logiciels pour mondes virtuels. Pour les inconditionnels des *cyberspaces*, l'aube se lève sur un monde de rêve éveillé. La réalité, avec toutes ses imperfections et ses tracas, ne sera plus qu'une dimension de notre vie parmi d'autres. Des mondes plus accueillants nous attendent. Voulez-vous être chevalier, écuyer ou sorcier ? Entrez dans la Legend Quest de la firme anglaise Reality. Ce divertissement de type Donjons et Dragons est l'un des premiers jeux vidéo à basculer dans la troisième dimension.

Les applications ludiques du virtuel sont en passe de devenir un vrai marché. W Industries, autre société anglaise, a vendu l'an dernier quelque 300 de ses jeux d'arcade Virtuality. En juillet dernier, l'américaine Virtual World Entertainment a ouvert à Chicago son premier BattleTech, grâce auquel 300 000 personnes ont déjà pu s'initier à la guerre spatiale. Tim Disney, neveu de Walt, a récemment investi 15 millions de dollars dans l'entreprise. Le prochain Disneyland sera-t-il virtuel ? Le premier parc d'attractions centré sur les *cyberspaces* ouvrira en tout cas ses portes dès le début de l'an prochain à Osaka, au Japon.

**Aux Etats-Unis, les adeptes du virtuel ont déjà leurs journaux, leurs messes, leurs gourous.** Jaron Lanier, fondateur de l'entreprise VPL (récemment tombée dans l'escarcelle de notre Thomson national à la suite de difficultés financières), est l'un d'eux. Il est entouré de "groupies" comme une "rock star". Au Japon, selon *Business Week*, ses apparitions provoquent des attroupements en pleine rue. «J'étais certain

que mes travaux déboucheraient sur une innovation importante pour le monde entier», confiait récemment Lanier à l'hebdomadaire américain.

Les adeptes ont aussi leur Mecque : Sausalito, au nord de San Francisco (il n'y a guère que le pont du Golden Gate à traverser). C'est là que Lanier a fondé sa nouvelle entreprise, Domain Simulations ; là, également, que s'est installé Howard Rheingold, auteur de *la Réalité virtuelle*, la bible de la "secte" (éd. Dunod - voir notre rubrique

## LE VIRTUEL AU SERVICE DE

Où se nichent, dans notre cerveau, les neurones qui nous servent à préparer et à coordonner nos mouvements afin, par exemple, de saisir un objet apparaissant subitement dans notre champ de vision ? Jean Decéty, chercheur à l'INSERM (Institut national de la santé et de la recherche médicale), tente actuellement de répondre à cette question. Au sein de l'unité Vision et Motricité (à Bron), ce neuropsychologue effectue diverses expériences qui devraient lui permettre de réaliser, d'ici quelques mois, la première cartographie de régions du cerveau encore mal connues.

Ces expériences se déroulent comme suit : un sujet se voit présenter des objets de formes, de couleurs et de textures variées. Il doit alors s'en saisir. Aussitôt, un nouvel objet apparaît dans un autre point de l'espace, et l'opération recommence.

Tout au long de l'expérience, le cerveau du cobaye est sous la surveillance d'un système de neuro-imagerie (tomographie par émission de positons ou imagerie par résonance magnétique nucléaire). Celui-ci donne des successions d'images où apparaissent les neurones impliqués à chaque étape de l'évolution de l'activité neuro-





## Pour créer un dessin animé...

... pas un seul dessin à faire, pas une seule ligne de code à écrire. Chez Simgraphics, l'animation en temps réel d'un personnage de dessin animé (ici, le célèbre Mario du japonais Nintendo) vous est possible par les seuls mouvements de votre visage.

“Livres”, p. 164). Parmi les autres résidents de marque : Sense 8, le principal fournisseur de logiciels pour la réalité virtuelle, et *Cyber Edge Journal*, le leader des magazines spécialisés.

Que le lieu de culte se trouve sur la côte californienne n'est pas un hasard. C'est là qu'aboutissent en général les Américains en quête d'une “nouvelle frontière”. Les pionniers d'hier, d'abord, partis à la conquête de l'Ouest. Les hippies de San Francisco ensuite, qui, arrêtés par le

Pacifique, ont dû continuer leur “voyage” sur les ailes des hallucinogènes depuis les rues du quartier de Haight-Ashbury. John Kennedy avait promis la Lune aux Américains. Ils l'ont eue en 1968. Il leur en fallait plus.

### Aux jeunes des années quatre-vingts, George Bush a promis Mars – pour 2019.

Cela fait loin, avec un goût de déjà vu. Aux adolescents des années quatre-vingt-dix, le vice-président des Etats-Unis Al Gore vient de désigner le *cyberspace* comme nouvelle frontière, comme nouvel horizon de conquête. Le rêve américain de l'an 2000, c'est le rêve lui-même. Voici donc nos “cyberpionniers” dans le cul-de-sac californien, prêts à décoller. S'en tirent-ils mieux que leurs prédécesseurs ? Combien de temps le rêve informatique arrivera-t-il à les tenir en haleine ?

Pas longtemps, affirme Hiroshi Aramata. Cet écrivain japonais, célèbre dans son pays pour un atlas d'histoire naturelle en cinq gros volumes et de nombreux ouvrages de science-fiction, revient justement d'un voyage en Californie. Il y était allé chercher quelques “biscuits” pour son prochain livre, rien moins qu'un audit du xx<sup>e</sup> siècle. Verdict de l'auteur : «La réalité virtuelle est la dernière et la pire des illusions technologiques de ce siècle.» (*Nikkei Weekly* du 29 mars 1993.) Aramata – qui, il faut le noter, tient le siècle présent pour le plus médiocre de l'histoire humaine – verserait-il dans l'anti-technologisme primaire ? Si tel est le cas, il n'est pas le seul. Thierry Breton, hier chantre des technologies de pointe, dénonce dans son dernier livre le mythe des années high-tech, qui se sont soldées par un grand

## LA RECHERCHE MEDICALE

nale du sujet, correspondant aux phases de reconnaissance de l'objet et de préparation du mouvement de la main. Notamment le positionnement des doigts en fonction de la forme de l'objet et de la nature de sa surface. Une des principales difficultés de cette étude était de concevoir un système capable de générer (et de gérer) une grande variété d'objets devant surgir *ex nihilo*. De simples diapositives ou une visualisation sur un écran d'ordinateur auraient fait perdre à l'expérience sa troisième dimension, très importante dans le processus neuronal étudié.

Les techniques de réalité virtuelle, capables de plonger le cobaye dans un monde *ad hoc*, sont apparues à Jean Decéty comme l'outil idéal de sa recherche. Voilà un an, son unité a pu faire (pour environ 1 million de francs) l'acquisition d'un système informatique de la société anglaise Division comprenant casque de visualisation en trois dimensions et gant interactif. Il s'agit donc d'un véritable système d'“immersion”. Un ingénieur a élaboré, depuis, les logiciels destinés à produire l'environnement virtuel de l'expérience. Premiers résultats dans quelques mois.





## Transe électronique

A chaque époque ses jeux. La Grèce antique s'adonnait aux osselets, la Rome impériale aux dés, l'Angleterre élizabéthaine au palet, la France du XVIII<sup>e</sup> siècle à colin-maillard, l'Amérique des années soixante au Monopoly. Aujourd'hui, les jeux vidéo tiennent le haut du pavé. Depuis la fin des années quatre-vingts, les deux leaders, Nintendo et Sega, ont écoulé plus d'une centaine de millions de leurs consoles vedettes. Ce nouvel engouement relève d'une fascination pour la technologie et pour l'image. On ne défie plus le hasard (ou Dieu), mais l'ordinateur. Avec les techniques du virtuel, les jeux vidéo basculent dans la troisième dimension. Désormais aveugles et sourds au monde réel, leurs adeptes entrent dans une sorte de transe électronique.

*suite de la page 87*

gaspillage et une montée du chômage. Et lui aussi s'en prend au mirage du virtuel.

Résumé de l'argumentation. Hier, c'est dans l'ordinateur et le robot que l'on croyait. Ils allaient nous libérer des tâches pénibles et répétitives, au bureau comme à l'usine. Résultat : la productique a décimé l'emploi dans l'industrie, et l'informatisation n'a pas apporté au secteur tertiaire les gains de productivité escomptés. On nous avait promis des téléports et – déjà ! – des entreprises "virtuelles" (éclatées autour du globe mais réunies par des réseaux télématiques). Ces rêves se sont éteints. Les industriels ne robotisent plus à tour de bras, et les entreprises rechignent à continuer l'escalade informatique. Les constructeurs d'ordinateurs sont en difficulté. Un peu comme la bulle spéculative qui s'est constituée dans les années quatre-vingts autour des marchés financiers, la bulle technologique a fini par éclater.

**Le tableau ainsi brossé par ces auteurs peut sembler caricatural.** Il a au moins le mérite de nous inciter à porter un regard critique sur le discours technologique ambiant. Pousser trop loin l'apologie des techniques, c'est prendre le risque de voir l'opinion, déçue par les promesses non tenues et les éventuels effets secondaires du progrès, se retourner, demain, contre cette technologie qui tue l'emploi, qui pollue la nature et l'esprit, et ainsi de suite. A l'avant-garde du fantasme technologique, la réalité virtuelle mérite donc d'être analysée froidement.

Utile, cette technique peut l'être. Les quelques exemples d'application énoncés ci-dessus le démontrent amplement. Révolutionnaire, elle l'est

## ENTRER DANS LE REVE DU

Mary a trois ans. Souffrant de troubles relationnels graves, proches de l'autisme, elle ne communique qu'avec... son ours en peluche. Coupée du réel, l'enfant vit ainsi dans un monde d'illusions auquel les adultes n'ont pas accès. Le psychologue qui suit Mary n'a pas renoncé à y pénétrer : puisqu'il ne peut pas amener sa petite patiente sur son terrain à lui, eh bien, il tentera de la rejoindre dans son rêve à elle, en prenant les traits du petit ours.

Pas question, cependant, pour le thérapeute d'enfiler une panoplie de nounours : Mary ne parle qu'aux ours de 20 cm de haut ! La solution du problème ? Elle s'appelle réalité virtuelle, et consiste à plonger l'enfant dans un dessin animé interactif en trois dimensions. Un *cartoon* où Mary va retrouver son ours qui la prendra par la main, lui parlera et finalement arrivera avec beaucoup de patience à la guider hors de son univers psychotique.

Cette application est pour l'heure fictive. Mais plusieurs équipes américaines et anglaises travaillent activement aujourd'hui au développement de ce type d'expérience. En permettant d'éviter un contact direct entre un patient et son thérapeute, la réalité virtuelle ouvre, en effet, un nouvel horizon à la psychologie. Les mondes de synthèse pourraient aussi être des environnements idéaux pour le traitement de certaines phobies, comme la peur des ascenseurs, la claustrophobie ou l'agoraphobie. Et pourquoi pas la peur des araignées ? Le psychologue britannique Peter Ward en a en tout cas le projet.

L'exemple qui suit n'a, lui, rien d'une fiction. John a perdu l'usage de ses jambes. Cloué dans son fauteuil d'infirmier, il examine d'un œil inquiet les plans de l'appartement dans lequel il doit emménager prochainement. L'entrée de la salle de bains sera-t-elle as-



aussi parfois quand elle ouvre à l'outil informatique de nouveaux horizons. Par exemple, quand elle permet à des personnes de surmonter leur handicap physique ou mental (voir encadré ci-dessous). Est-elle pour autant une "nouvelle frontière" ?

Ce qui rend la réalité virtuelle si spectaculaire, c'est l'illusion qu'elle nous donne d'être confrontés à un monde réel. C'est d'ailleurs là un trait général de l'informatique : un ordinateur peut sembler "intelligent" parce qu'il nous a donné une réponse sensée à une question posée dans un contexte bien précis. Facile, alors, de se prendre au jeu et d'extrapoler les capacités de la machine par un anthropomorphisme naturel. C'est oublier les limites du programme qui l'anime : que la question sorte du contexte fixé, et la machine est réduite à quia. Un ordinateur n'est rien d'autre qu'un prestidigitateur

qui sait faire oublier ses tours de passe-passe. La "magie" de la réalité virtuelle a les mêmes limites : franchissez une porte de trop lors de la visite d'un "appartement virtuel", et vous vous retrouvez dans le blanc, hors du modèle numérique. Voilà bien l'illusion de la réalité virtuelle : elle nous impressionne plus par ce qu'elle semble capable de nous offrir que par ce qu'elle nous donne réellement à vivre.

**Il y a plus : la réalité virtuelle n'est pas sans danger**, soutient Philippe Quéau, directeur de recherche à l'Institut national de l'audiovisuel et auteur du récent ouvrage *le Virtuel : vertus et vertiges* (éd. Champ Vallon/INA). «L'illusion du virtuel sera demain si parfaite, si troublante, affirme-t-il, que l'on risque d'assister à une "virtualisation du réel" chez ceux qui s'informeront et agiront au travers d'un écran de virtuel.» La menace n'est pas nouvelle. Exemple : les militaires américains du croiseur *Vincennes* qui, lors de la guerre du Golfe, ont abattu un avion de ligne iranien en le prenant pour un avion de chasse. Coupés du monde extérieur dans leur salle de contrôle, ces militaires étaient plongés dans un environnement peuplé de consoles radar et d'écrans d'ordinateur. Isolés dans cette cellule, ils ont déclenché le drame dans le monde réel.

La réalité virtuelle ne fait qu'amplifier ce décalage et le risque de déresponsabilisation qu'il induit. Que perçoit-on encore du monde "extérieur" quand nos yeux et nos oreilles sont entièrement mobilisés par l'ordinateur ? Les gérants d'un fonds de retraite américain (le TIAA-CREF de New York) disposent depuis peu d'un système qui leur permet de vivre "en direct" et en trois dimensions l'évolution de leurs placements en bourse (d'un montant total de 105 milliards de dollars !). Grâce à ce système, conçu par la société Maxus Systems International, ils voient les actions comme des carrés de couleurs disposés sur un grand échiquier. A chaque colonne correspond une place boursière donnée, à chaque rangée un secteur industriel ou de marché. Si une action vient à chuter, la case correspondante vire au rouge. L'opérateur peut alors immédiatement s'informer sur les mouvements en cours et réagir en conséquence.

Le virtuel transforme donc la gestion de milliards de dollars en une partie d'échecs. Un nouveau pas est franchi. Un pas de trop ? Pour ces financiers, comme pour les jeunes "accros" des jeux vidéo coupés du monde dans leur panoplie de "cybernaute", le retour au réel risque d'être parfois douloureux. ■

## PATIENT POUR LE SOIGNER



sez large pour sa chaise roulante ? La penderie de l'entrée sera-t-elle à sa portée ? La disposition de la cuisine lui permettra-t-elle de circuler facilement ? L'évier sera-t-il praticable ? John a la chance, toutefois, de travailler avec les chercheurs américains du Hines Research and Development Laboratory (Illinois), qui viennent de mettre au point une nouvelle application de la réalité virtuelle baptisée Wheelchair VR.

John enfle un casque et un gant, tandis que les chercheurs connectent les roues de son fauteuil à l'ordinateur.

Le voilà parti pour une visite de son futur appartement, qui n'existe pourtant que sous forme de modèles numériques. Immérgé dans un monde d'images de synthèse, John se dirige vers la salle de bains. L'entrée est effectivement trop étroite. D'un simple geste de la main, il repousse le mur "virtuel" pour agrandir l'accès. Automatiquement, l'ordinateur rectifie les plans. Notre explorateur se trouve maintenant dans la cuisine. Inaccessible, le robinet de l'évier. Un geste de la main, et le problème est réglé. Et ainsi de suite.

# Les vrais comptes du Loto

PAR CLAUDE BOUZITAT  
ET GIL PAGES\*

**A** une époque encore pas si lointaine, il y avait des receveurs dans les autobus, des poinçonneurs dans le métro (politain), une zone bleue... et des petites baraques en bois, tenues par des femmes d'un âge certain, où les chalands se voyaient proposer des dixièmes de la Loterie nationale aux noms évocateurs : Gueules cassées, Ailes brisées... A la radio, Lucien Jeunesse, lui, offrait aux valeureux perdants du Jeu des mille francs quelques billets entiers. On pouvait, en ce temps-là, avec juste ce qu'il faut de charité et d'hypocrisie, contribuer à adoucir les vieux jours des victimes de guerre en achetant son billet de Loterie chaque semaine.

Les cahutes ont disparu avec la Loterie nationale. Mais la lignée ne s'est pas éteinte avec elle. Ses enfants, tous de sexe masculin, ont pour prénoms Loto, Tac-O-Tac, Tapis vert, Loto sportif, Banco, Millionnaire, Black Jack, Surf, Poker... Pour régulariser leur situation, on leur a donné à tous un même et noble nom de famille : de la Française des jeux. L'heure de la modernité ludique avait sonné.

Le 19 mai 1976 fut un jour mémorable mais, comme souvent lorsque s'écrit l'Histoire, nul n'en eut réellement conscience. Notamment les quelque 70 000 audacieux qui, en cochant six numéros sur une grille en comportant 49, participèrent ce jour-là au premier "tirage complémentaire de la Loterie nationale", en un mot, le Loto. Pour l'anecdote, ce premier tirage fut 15-27-31-33-36-48, numéro complémentaire 34. Il n'y eut aucun gagnant du premier rang (6 bons numéros) et... aucun gagnant du second rang (5 bons numéros et le numéro complémentaire). Un an plus tard, pour son premier anniversaire et sa première "super-cagnotte", 8 millions d'accros validaient leurs bulletins avec des petites croix plein les yeux... Après le scoubidou et bien

**Jouer au Loto, c'est perdre**

**à coup presque sûr.**

**C'est prévu par le**

**règlement. Une analyse mathématique le démontre sans trop de difficulté.**

**Le mois prochain, nous présenterons le bilan des autres pompes à finances instaurées par la Française des jeux\*\* : le Millionnaire, le Tac-O-Tac, etc.**

avant Patriick Bruel, le Loto national était devenu un phénomène de société.

Dix-sept ans plus tard, le Loto vogue allègrement vers sa majorité sans donner le moindre signe d'essoufflement. Mieux, il a poursuivi sa croissance jusqu'à atteindre les 12 millions de bulletins validés chaque semaine. Même le nombre de tirages a augmenté, passant de un à quatre depuis le 15 septembre 1990 (deux le mercredi, deux le samedi).

Essentiellement conçu pour venir au secours d'une Loterie nationale comateuse - l'acharnement thérapeutique durera jusqu'en 1990 -, le Loto a donc connu un succès foudroyant. La campagne de lancement avait pourtant été des plus discrètes. C'est qu'en 1976, certains esprits chagrins, émules de Paul Reynaud ('), s'obsti-

\* C. Bouzitat, SAMOS, université Paris I.  
G. Pages, Laboratoire de probabilités et applications, université P. et M. Curie, Paris, et SAMOS, université Paris I.

\*\* Chiffre d'affaires en 1992 : 30,2 milliards de francs. Bénéfice : plus de 8 milliards.





Dessins Honoré

(1) Paul Reynaud n'accepta le ministère des Finances du gouvernement Daladier, en 1938, qu'à la condition expresse que l'on supprimât la Loterie nationale. De fait, elle fut suspendue, pendant quinze jours...

naient à penser qu'il n'était pas très honorable de rappeler aux citoyens par voie de publicité que l'Etat entretenait le plus grand casino de France. *Circenses sine panem...* Les temps ont bien changé puisque la Française des jeux, dont l'Etat reste le premier actionnaire, inonde le pays de campagnes publicitaires avec pour but avoué de réveiller le joueur supposé sommeiller en chaque Français. Dire que seulement 45 % d'entre eux résistent encore ! Quelles explications donner à ce succès en passe de tout balayer sur son passage, même le PMU ?

La Française des jeux en donne deux :

- le joueur est actif, il élabore lui-même son jeu, ce qui, jusqu'en 1976, restait l'apanage du PMU avec son tiercé ;
- le rapport entre le gain et la mise est exception-

nel. C'est ce second point qui nous intéresse.

Rappelons brièvement les principes de base du jeu lui-même. Le joueur doit cocher six numéros sur une grille comportant tous les nombres de 1 à 49. Un tirage consiste à extraire six boules numérotées d'une urne, dont les numéros sont dits gagnants, et une septième qui fournit le numéro dit complémentaire.

Est gagnante du 1<sup>er</sup> rang toute grille sur laquelle sont cochés les 6 numéros gagnants.

Est gagnante du 2<sup>e</sup> rang toute grille où sont cochés 5 des 6 numéros gagnants, et dont le 6<sup>e</sup> numéro coché est le numéro complémentaire.

Est gagnante du 3<sup>e</sup> rang, toute grille sur laquelle sont cochés 5 des 6 numéros gagnants, du 4<sup>e</sup> rang celles comportant 4 numéros gagnants et, enfin, du 5<sup>e</sup> rang les grilles ayant 3 numéros gagnants. ▶



*suite de la page 91*

Un modeste calcul nous apprend qu'il y a 13 983 816 grilles possibles, ce qui correspond environ au tiers de la population française en âge de jouer. Dans un autre ordre d'idées, cela représente le nombre de secondes qui s'écoulent en cinq mois et demi.

Il y a, en effet, 49 choix possibles pour la 1<sup>re</sup> boule, 48 pour la 2<sup>e</sup>, ..., et 44 pour la 6<sup>e</sup>. Ces choix se multiplient, il y a donc  $49 \times 48 \times \dots \times 44 = 10\,068\,347\,520$  possibilités. Cependant, comme ici l'ordre des tirages n'a aucune importance, il convient de diviser ce résultat par le nombre de façons d'obtenir les six mêmes boules, soit ici :  $6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 720$ . Ce qui donne  $10\,068\,347\,520 / 720 = 13\,983\,816$ .

Evidemment, le choix d'un tel nombre de combinaisons ne doit, lui, rien au hasard, car il détermine indirectement les valeurs moyennes des gros lots en fonction du nombre de joueurs. Considérons alors une grille validée. Il est clair qu'il y a une chance sur 13 983 816 qu'elle soit gagnante au rang un, soit 0,000 007 chance sur 100.

Ensuite, les choses se compliquent quelque peu et il est nécessaire de faire appel au calcul des probabilités, ou plus exactement à des techniques de dénombrement. Tous calculs faits, toujours sur les 13 983 816 combinaisons possibles, on obtient 6 combinaisons gagnantes au rang deux, 252 au rang trois, 13 545 au rang quatre et 246 820 au rang cinq. Soit :

- 1 chance sur 2 330 636 qu'elle soit gagnante au rang deux (0,000 043 chance sur 100).
- 1 chance sur 55 491 au rang trois (0,001 802 chance sur 100).
- 1 chance sur 1032 au rang quatre (0,096 862 chance sur 100).
- 1 chance sur 57 au rang cinq (1,765 chance sur 100).

On en déduit par une simple addition des chances



qu'une grille a environ 1,86 chance sur cent d'être gagnante à un rang quelconque. Si l'on préfère, lorsque l'on valide une grille de Loto, elle finira à la poubelle environ... 98 fois sur 100.

A l'origine, les mises et leur répartition étaient régies de façon on ne peut plus simple : 1 F par grille validée, le nombre de grilles validées devant être pair et compris entre 2 et 8 (?). La part des mises réparties entre les gagnants des différents rangs était un pourcentage constant des enjeux égal à 54,6 %. Le gain moyen brut du joueur était donc de 0,546 F par franc mis... soit une perte moyenne nette de 0,454 F. Aujourd'hui, la mise est de 1 F le mercredi, et de 2 F le samedi ; le taux du prélèvement est passé à 46,75 %, ce qui ne laisse plus que 53,25 % de mises à répartir entre les différents gagnants. Il nous faut préciser que nous devons ce chiffre à une source

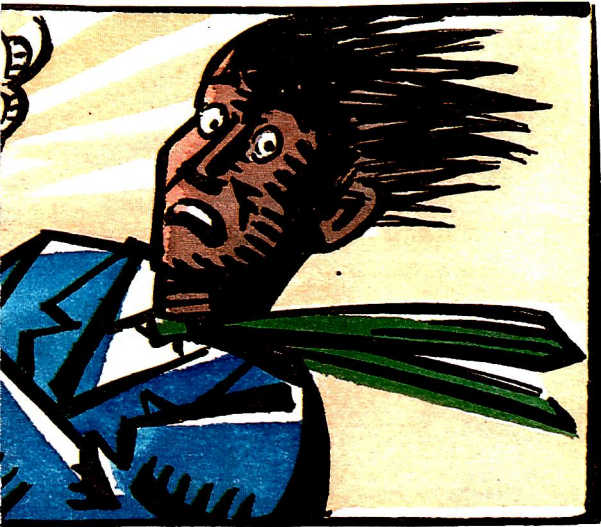
(2) Ceci sur un bulletin simple. Nous n'étudierons pas ici les bulletins multiples sur lesquels on peut cocher de 7 à 10 numéros. Ces bulletins ne sont qu'un "raccourci" pour les gros joueurs puisqu'ils coûtent le prix du nombre équivalent de bulletins simples.

## 1- Répartition de la part des mises attribuée aux gagnants

Part de "galette"	Mercredi 1 <sup>er</sup> tirage	Mercredi 2 <sup>e</sup> tirage	Samedi 1 <sup>er</sup> tirage	Samedi 2 <sup>e</sup> tirage
Rang 1	13,00 %	20,70 %	31,40 %	47,70 %
Rang 2	6,10 %	6,10 %	3,10 %	3,10 %
Rang 3	20,50 %	20,50 %	10,30 %	10,30 %
Rang 4	21,50 %	21,50 %	13,00 %	13,00 %
Rang 5	31,20 %	31,20 %	25,90 %	25,90 %
Fond de super-cagnotte <sup>(1)</sup>	7,70 %	—	16,30 %	—
Total	100 %	100 %	100 %	100 %

(1) C'est la part de report du premier tirage sur le second.





des plus officieuses. On peut s'étonner qu'il ne figure nulle part dans le règlement "officiel" du Loto, que chaque joueur peut d'ailleurs consulter dans les 35 000 points de validation. On comprend aussitôt les deux avantages qu'un tel système de répartition procure à la Française des jeux :

- à la différence de la banque à la table d'un casino, la Française ne prend rigoureusement aucun risque puisque le prélèvement sur les enjeux est forfaitaire et déterministe ;
- en outre, ce prélèvement est sans commune mesure avec le biais habituellement observé à une table de roulette ou sur une machine à sous. En effet, le biais des jeux de casino est le plus souvent inférieur à 5 %, ce qui fait que l'espérance de gain brut est au moins de 0,95 F par franc misé. Seuls les "jeux de pauvres" (la Boule, etc.) dans les anti-

chambres des casinos ont des ratios plus défavorables aux joueurs... sans jamais franchir cependant la barre des 12 %. On parle alors d'attrape-gogos ! Sachant qu'il est obligatoire de participer au premier tirage du Loto pour pouvoir participer au second, la galette à partager – si l'on peut dire – se répartit de la façon indiquée dans le **tableau 1** page ci-contre.

En l'absence de gagnants du premier rang à l'un quelconque des deux tirages, la totalité des sommes allouées est reportée sur le premier rang du second tirage du jour correspondant de la semaine suivante. Ces règles, bien compliquées pour un jeu qui se veut simple et populaire, ne semblent pas avoir découragé les flambeurs puisque chaque mercredi sont validés entre 48 et 60 millions d'équivalents grilles simples. Sans doute en raison de la concurrence du tiercé, la fourchette retombe entre 24 et 36 millions pour le tirage du samedi. Ces grilles sont validées pour moitié environ sous forme de bulletins simples (de 2 à 8 grilles simples), le reste à l'aide des différents bulletins multiples, chaque joueur validant en moyenne huit grilles. Ces chiffres s'entendent pour le premier tirage. Mais, de fait, plus de 95 % des joueurs valident également leurs bulletins pour le second tirage.

La lecture du **tableau 1** explique également que, le samedi, la cagnotte du premier rang est environ trois fois plus élevée (de 2,5 à 3,5 selon le nombre de joueurs) à chacun des tirages que le mercredi, ce malgré un nombre nettement moins important d'équivalents grilles simples validées en fin de semaine.

Quoi qu'il en soit, les arcanes de ce règlement posent plusieurs questions.

Désignons par N le nombre de grilles simples validées lors d'un tirage un jour donné. Les valeurs courantes de N oscillent à l'intérieur des four-

## 2 - Probabilité de ne pas avoir de gagnant au 1<sup>er</sup> rang ou d'en avoir un seul

Nombre de grilles simples validées	Absence de gagnant	Un seul gagnant
200 000	98,60 chances sur 100	1,40 chance sur 100
30 millions	11,67 chances sur 100	25,0 chances sur 100
54 millions	2,10 chances sur 100	8,10 chances sur 100
60 millions	1,36 chance sur 100	5,40 chances sur 100

## 3 - Nombre moyen <sup>(1)</sup> de grilles simples gagnantes à chaque rang

Nombre de grilles simples validées	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Rang 5
30 millions	2	13	541	29 059	529 512
54 millions	4	23	973	52 305	953 122
60 millions	4	26	1 081	58 117	1 059 024

(1) Nombre arrondi à l'unité la plus proche.

*suite de la page 93*

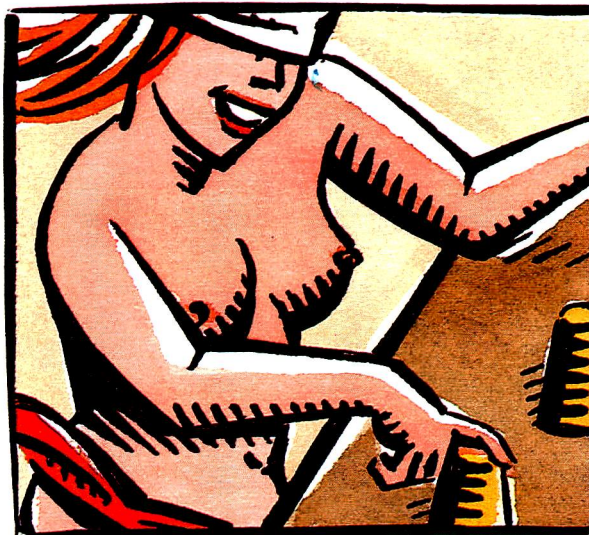
chettes déjà évoquées. Et calculons (en chances sur 100) les probabilités que, lors d'un tirage, il n'y ait pas de grille gagnante au premier rang ou bien qu'il n'y en ait qu'une seule. L'exercice est accessible à un élève de terminale. Ces probabilités sont évidemment fonction du nombre  $N$  de grilles validées. On obtient le **tableau 2** page 93.

Un coup d'œil à la première ligne illustre la sagesse dont ont fait preuve les concepteurs du jeu en introduisant la notion quelque peu bâtarde de gagnant de deuxième rang : il ne fallait pas tuer le rêve dans l'œuf lors des premiers mois d'existence du jeu. Ils n'en furent guère récompensés dans un premier temps, car il n'y eut pas non plus de gagnant au second rang lors de ce premier tirage (ce qui avait d'ailleurs 92 chances sur 100 de se produire !). A l'inverse, aujourd'hui, le succès du jeu est tel que la suppression de ce rang n'affecterait sans doute que fort peu son image.

Par les mêmes méthodes, on peut calculer les nombres moyens de grilles (simples) gagnantes aux divers rangs selon le nombre de grilles simples validées. Ce qui donne le **tableau 3** page 93.

Il est aussi possible de calculer le montant moyen des gains des gagnants très éventuels du premier rang, le mercredi et le samedi, au premier et au second tirage. Il faut pour cela connaître le taux de double validation – le pourcentage de joueurs du premier tirage qui valident leur grille pour le second tirage du même jour – et le prix unitaire de la grille simple ! Voici les résultats rassemblés dans le **tableau 4** ci-dessous.

Comme nous l'avons déjà dit, s'il n'y a pas de gagnant de premier rang, les sommes sont reportées au second tirage du même jour de la semaine suivante. En revanche, pour les autres rangs, les reports se font, si nécessaire, sur les gains du rang suivant. Le cas où les gains par gagnant d'un rang donné se révéleraient supérieurs à ceux des gagnants d'un rang théoriquement moins favorable est prévu, et provoque la fusion des deux rangs de façon que les gains unitaires soient identiques pour tous.



Les montants évoqués dans ces tableaux concernent les tirages courants. De loin en loin, le plus souvent aux alentours des fêtes de Noël (ou de l'anniversaire du Loto !), des maxi-cagnottes de 40 à 60 millions de francs sont mises en jeu. Elles sont prélevées sur le "fonds de réserve" constitué à cet effet par la Française des jeux. Contrairement à une rumeur tenace, celui-ci n'est alimenté par les gains non retirés que de façon marginale – ils sont d'ailleurs de moins en moins nombreux depuis l'informatisation du système de validation. La réalité est plus terre à terre : le fonds de réserve est constitué pour l'essentiel... des arrondis sur les gains ! Au franc inférieur sur les petits gains, aux cinq francs inférieurs sur les gros – dont un simple calcul montre qu'ils atteignent plus de 80 millions de francs par an à raison d'environ 500 000 F en moyenne par tirage le mercredi et 280 000 F par tirage le samedi !

Histoire de rire jaune, voyons maintenant le temps moyen d'attente séparant le joueur de son

#### 4 - Montant moyen des gains de 1<sup>er</sup> rang à chaque tirage

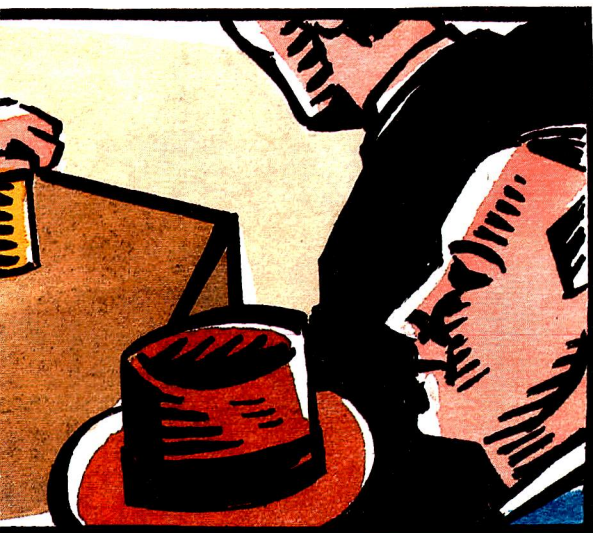
● Tirages du mercredi (1 F la grille, 95 % de double validation)

Nombre de grilles validées	48 millions	54 millions	60 millions
Montant au 1 <sup>er</sup> tirage	3 322 800 F	3 758 150 F	4 153 500 F
Montant au 2 <sup>e</sup> tirage	6 995 564 F	7 947 307 F	8 799 605 F

● Tirages du samedi (2 F la grille, 97 % de double validation)

Nombre de grilles validées	24 millions	30 millions	36 millions
Montant au 1 <sup>er</sup> tirage	8 025 840 F	10 032 300 F	12 038 760 F
Montant au 2 <sup>e</sup> tirage	17 432 472 F	21 161 565 F	24 903 900 F





Graal. L'unité de temps sur laquelle nous avons fixé notre choix est... le siècle, et notre joueur type est supposé valider sans faillir ses 8 grilles hebdomadaires, c'est-à-dire le minimum réglementaire de deux grilles validées par tirage. Armez-vous de votre calculette. Vous obtenez aisément le **tableau 5** ci-dessous.

Insistons sur le fait que ces résultats ne dépendent pas du nombre de joueurs (plus exactement, d'équivalents grilles simples validées). Seule importe vraiment la conclusion : si vous disposez d'un pécule de 21 millions de francs et d'une espérance de vie de 336 siècles (soit 33 600 ans ou 17 ères chrétiennes) vous pouvez raisonnablement espérer gagner le gros lot du

premier rang, soit de 1 à 60 millions de francs environ. Evidemment, pour toucher les 60 millions, il faut un tout petit surcroît de chance : en gros, être le seul gagnant d'une maxi-cagnotte. Rappelons pour mémoire qu'il n'y a pas plus d'une demi-douzaine de telles maxi-cagnottes – généralement inférieures à 60 millions – sur les 208 tirages annuels et que la probabilité d'être l'unique gagnant du premier rang sur, disons, 60 millions d'équivalents grilles simples validées est de l'ordre de 5 %. Tous calculs faits, cela donne environ 1,5 chance sur 1 000 (sur une période de 336 siècles) de toucher le montant intégral d'une maxi-cagnotte. Il est vrai que pour améliorer cette probabilité, on peut ne jouer que les jours de maxi-cagnottes... pendant 1 165 318 ans.

Vu sous un autre angle, on peut se demander combien il faut valider de grilles pour avoir plus de 95 chances sur 100 d'être gagnant d'un rang quelconque au moins une fois dans sa vie de joueur, soit soixante ans environ. Le résultat apparaît dans le **tableau 6** ci-dessous.

Une fois compris que jouer au Loto, c'est essentiellement perdre, que conseiller aux intoxiqués de la petite grille ? De jouer ce que les autres ne jouent pas ! La combinaison idéale est bien sûr celle qui n'est fétiche pour personne, même par tronçons. Ainsi, notre joueur ne gagnera pas plus souvent que les autres (tous les 336 siècles donc...), mais il empochera plus en moyenne car il aura plus de chances d'être le seul gagnant ! Un bon exemple aurait pu être, avant de le donner : 39, 40, 41, 42, 43, 44. En effet, ces nombres sont consécutifs, ne peuvent en aucun cas figurer dans les jours et les mois d'une date de naissance et correspondent à des ►

## 5 - Temps moyen nécessaire pour gagner à chaque rang

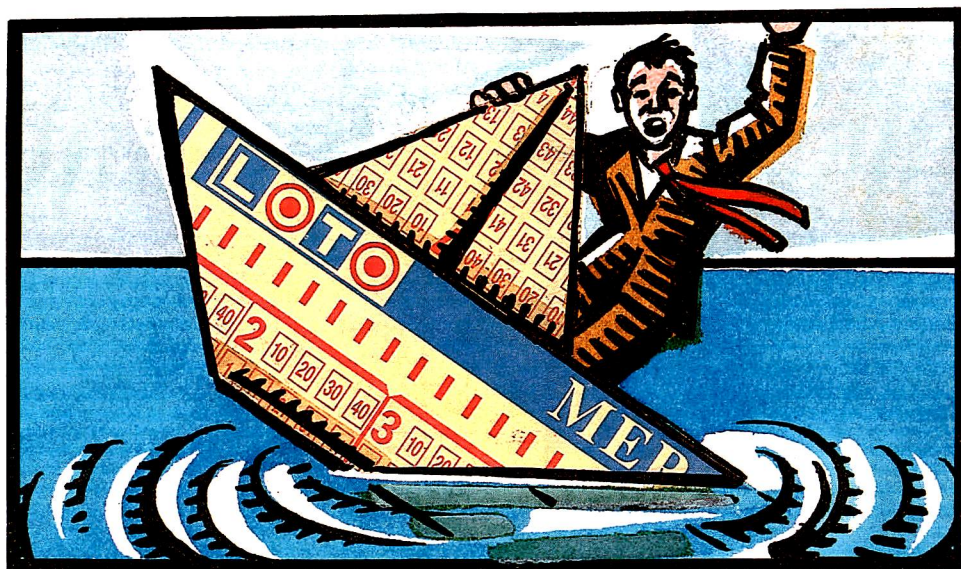
	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Rang 5
<b>Temps</b>	336,145 siècles <sup>(1)</sup>	56,025 siècles	1,334 siècle	2,5 ans	0,14 an
<b>Coût</b>	20 975 724 F	3 495 954 F	83 237 F	1 548,60 F	84,98 F

(1) Puisqu'il y a 2 grilles par tirage, 4 tirages par semaine, 52 semaines par an et 100 ans par siècle et qu'il faut, en moyenne, 13 983 816 tirages pour gagner le "gros" lot, il faudra donc attendre  $13\,983\,816 / (2 \times 4 \times 52 \times 100)$ , soit environ 336 siècles. Le coût des mises sera alors égal à  $(13\,983\,816 / 2) \times 1$  F (pour les tirages du mercredi, où la mise est de 1 F), augmentés de  $(13\,983\,816 / 2) \times 2$  F (pour ceux du samedi, où la mise est de 2 F) soit près de 21 millions de francs.

## 6 - Nombre moyen de grilles à valider pour gagner une fois en soixante ans

	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4	Rang 5
<b>Nombre total de grilles</b>	41837043	6981431,6	166235,6	3091,3	168,2
<b>Nombre grilles/semaine</b>	13409,3	2237,6	53,3	0,99	0,054
<b>Coût/semaine</b>	20114 F	3356 F	80 F	1,50 F	0,08 F
<b>Coût total</b>	62755564,50 F	10472147,40 F	249353,40 F	4636,95 F	252,30 F





*suite de la page 95*

années de faible natalité. En revanche, il faut éviter à tout prix les nombres inférieurs à 12 qui sont à la fois des mois, des jours, voire... des heures. Signalons au passage que, sans doute par souci de transparence, les fréquences de choix par les joueurs des différents nombres de 1 à 49 constituent une donnée ultra-confidentielle que la Française des jeux se refuse à communiquer avec la dernière énergie. Dommage pour Mathusalem...

**Il existe évidemment une stratégie "gagnante" à 100 % :** jouer les 13 983 816 combinaisons ! Mais est-elle vraiment gagnante ? On choisira un jour de super-tirage, lorsque la Française des jeux distribue plus d'argent qu'elle n'en collecte. Fine mouche, la Française des jeux cantonne ces super-cagnottes aux seconds tirages, ce qui contraint à participer aux deux. Coût de l'opération : 27 967 632 F le mercredi et 55 935 264 F le samedi...

Vous serez gagnant à chacun des deux tirages, autant de fois qu'il est possible de l'être à chacun des 5 rangs ; soit 1 fois au rang un, 6 fois au rang deux, 252 au rang trois, 13 545 fois au rang quatre et 246 820 fois au rang cinq.

Le problème, à ce stade, c'est qu'en général, il faut partager ! Fixons à 60 millions, le nombre d'équivalents grilles simples validées ce jour-là. Comme on l'a vu, il devrait y avoir en moyenne aux deux tirages  $4,29 + 1 = 5,29$  gagnants à 6 numéros : les autres et vous ;  $25,74 + 6 = 31,74$  au rang deux pour la même raison ;  $1\,081,25 + 252 = 1\,333,25$  au rang trois ;  $58\,117,18 + 13\,545$

$= 71\,662,18$  au rang quatre, et  $1\,059\,024,20 + 246\,820 = 1\,305\,544,20$  au rang cinq. Le seuil de rentabilité sera atteint dès que le montant de la maxi-cagnotte sera suffisant pour que le gain global dépasse l'investissement.

Tous calculs faits, on se rend compte que ce seuil est fixé à 95,5 millions de francs le mercredi et à 168 millions de francs le samedi. L'opération est donc sans espoir, puisque les maxi-cagnottes sont de 40 millions de francs les super-mercredis, 60 millions de francs les super-samedis, voire 100 millions, comme ce fut le cas au second tirage du samedi 24 avril 1993 (en raison de l'absence de gagnant de premier rang les deux samedis précédents). On calcule que cette stratégie laissera à son initiateur – toujours en moyenne, s'entend – près de 10,5 millions de francs de perte les super-mercredis et 28 millions de perte les super-samedis. De quoi refroidir l'enthousiasme des plus téméraires.

Faut-il encore évoquer la faisabilité technique de la stratégie ? Celle-ci passerait, dans le meilleur des cas, par la validation de bulletins multiples à 10 numéros. On coche ainsi en une fois 210 grilles simples. Pour réaliser les 13 983 816 combinaisons, il faudrait donc faire valider 66 590 bulletins (multiples) en trois jours, soit environ un par seconde à raison de huit heures par jour. N'oublions pas que la validation ne peut avoir lieu que dans des points agréés et que, les syndicats de joueurs étant interdits en France, il n'est pas question de faire équipe !



# REJOIGNEZ LES ARMEES D'ELITE DU 31<sup>EME</sup> SIECLE

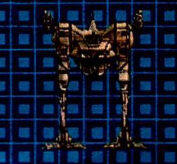
## BATTLETECH

COMBATS DE TITANS AU XXXI<sup>EME</sup> SIECLE



**VERSION  
FRANÇAISE  
DE LA 3<sup>ème</sup>  
EDITION  
AMERICAINE**

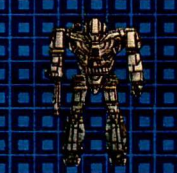
Un Jeu pour  
2 joueurs et plus  
à partir de 14 ans



STB - IV Sauterelle : R263



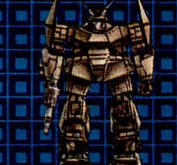
AGI - 3R Aigillon : R092



GP - 1A Guepe : R083



PSN - 1 Faucon Phoenix : R118



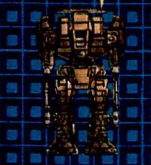
GRF - 1 Griffon : R358



OMB - 2N Faucon Ombre : R359



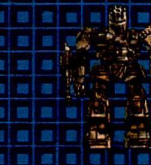
GLT - 6R Glouton : R084



FSI - 3N Fusilier : R181



GRR - 3R Croiseur : R357



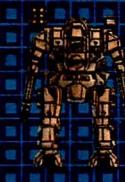
FDR - 5S Foudre : R086



MBT - 1G Maître des Batailles : R085



MAD - 3R Marauder : R088



MDG - 6R Manteau de Guerre : R095



ABC - 2R Archer : R087

LES FIGURINES RAL PARTHA POUR BATTLETECH SONT DISPONIBLES NON PEINTES DANS VOTRE BOUTIQUE SPECIALISEE OU PAR CORRESPONDANCE

☐ Je souhaite recevoir BATTLETECH, 3<sup>e</sup> édition au prix de 250F. franco.

☐ Je souhaite recevoir BATTLETECH, 3<sup>e</sup> édition plus les 14 figurines de Battlemachs Ral Partha au prix de 550 F. franco au lieu de 734 F.

Ci-joint mon règlement de .....F. à l'ordre de JEUX DESCARTES,  
1 rue du colonel Pierre Avia - 75503 Paris cedex 15.

NOM .....

PRENOM .....

ADRESSE .....





# Des cracks sur mesure

**Sélectionnés par ordinateur, les meilleurs chevaux font désormais l'objet d'un entraînement high-tech. Un gros pavé dans la mare des éleveurs et des amoureux de la tradition.**

PAR DIDIER DUBRANA

**P**ar un matin glacial du mois de février, le Centre international d'entraînement de Gros-Bois à Boissy-Saint-Léger, dans le Val-de-Marne, s'éveille dans le brouillard. Les lads préparent les chevaux, les entraîneurs parlent de leurs dernières courses et les éleveurs viennent observer leurs poulains tout en relatant la carrière des vedettes d'antan, Une de mai, Roquépine, Bellino II, Ourasi... qui enflammèrent les turfistes. Il y a bien longtemps que ces cracks ont pris leur retraite pour servir de reproducteurs. Car c'est entendu : les fils et les filles de champions seront des champions. Telle est du moins la conviction des éleveurs de chevaux du monde entier, qui s'emploient à croiser les meilleures juments avec les meilleurs étalons. C'est la base de la sélection des chevaux de course depuis plus de trois siècles.

Pour établir un pedigree, les sélectionneurs disposent d'outils de choix, les stud-books (livres d'écurie), sur lesquels sont consignées les victoires de chaque animal et sa généalogie depuis plus de vingt générations. La réédition annuelle de ces livres permet de suivre à la trace ces chevaux qui ont fini leur carrière comme étalons ou poulinières dans les élevages français (Norman-



P. Jan



(1) "Estimation of genetic trend in racing performance of thoroughbred horse",

*Nature*, vol. 332, 21 avril 1988.

die, Mayenne ou Maine-et-Loire), britanniques, irlandais ou américains.

**La valeur sacro-sainte du pedigree a été ébranlée**, voilà cinq ans, par la publication dans la revue scientifique *Nature* d'un article de deux chercheurs de l'université de Dublin, Patrick Cunningham et Bill Gaffney (1). Première constatation : depuis cinquante ans, alors que la sélection des meilleurs pur-sang aurait dû aboutir à l'amélioration des performances, les temps de course n'ont pas diminué. Les chercheurs ont

ensuite analysé les performances de 31 263 chevaux de trois ans ayant couru entre 1961 et 1985, et cherché à savoir si les demi-frères et les demi-sœurs ont réalisé des performances analogues (un étalon pouvant saillir jusqu'à 100 poulinières par an, la population de poulains est essentiellement formée de demi-frères et de demi-sœurs). Après quoi, ils ont comparé les performances de ces pur-sang à celles de leurs parents. Résultat : du point de vue statistique, les performances des pur-sang ne sont héritées qu'à 35 %. Autrement dit, si une jument et un étalon affichent tous deux ►





*suite de la page 99*

des performances de 10 % supérieures à la moyenne, leurs descendants auront 3,5 % de performances supérieures à la moyenne.

### **Cette approche statistique ne plaît pas**

**aux éleveurs.** Pourtant, elle est en passe de bouleverser les méthodes classiques de sélection en France. Car les haras nationaux, qui sont responsables de la sélection des étalons, se sont rangés aux conclusions des chercheurs irlandais et calculent désormais l'indice génétique de chaque étalon : le BLUP (pour *Best Linear Unbiased Predictor*). Celui-ci permet d'estimer, pour chaque cheval, «sa valeur, à travers l'étude de sa généalogie, et sa capacité à transmettre ses qualités de champion à sa descendance, c'est-à-dire ses qualités d'étalon ou de poulinière», explique Anne Tavernier, chercheur à la station de génétique quantitative et appliquée de l'INRA (Institut national de la recherche agronomique) de Jouy-en-Josas. Comme la génétique à elle seule ne peut expliquer les performances d'un cheval, «le calcul du BLUP tient compte également de l'effet du milieu», précise-t-elle. Autrement dit, des facteurs qui entourent la vie du cheval depuis sa naissance (influence de la nourriture ou de la grosseur de la mère) jusqu'aux champs de course (entraînement, suivi médical, etc.).

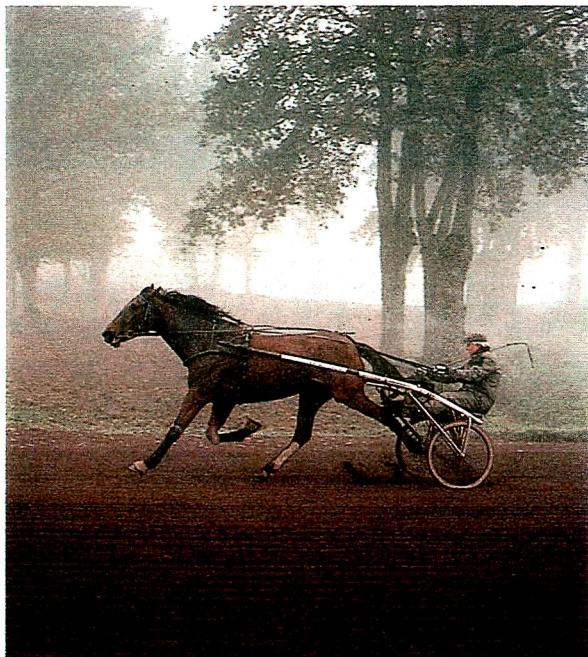
Pour calculer le BLUP, les chercheurs ont établi un modèle mathématique permettant de pondérer effets génétiques et effets du milieu. Ce modèle est en fait une gigantesque équation à variables multiples. Les chercheurs ont déjà bourré l'ordinateur de données recueillies sur 160 000 trotteurs entre 1968 et 1992, et ce nouvel outil sert, depuis le 1<sup>er</sup> janvier, à la sélection des jeunes poulinières chez les trotteurs. Dans les prochaines années, on calculera aussi le BLUP des galopeurs. Une petite révolution dans le monde des courses.

«L'utilisation de cet indice génétique devrait éviter de grossières erreurs d'appréciation de la qualité des chevaux», ajoute encore Anne Tavernier. «En effet, dans leur lecture des stud-books, les éleveurs remontent bien souvent jusqu'à la quatrième génération pour estimer les capacités d'un poulain. Dans le cas où l'arrière-grand-mère du cheval a été plusieurs fois gagnante, ils considèrent que ce poulain a ses chances, même si les performances en course de sa mère sont tout à fait quelconques. Pourtant, d'après la génétique, cette grand-mère n'aura transmis qu'un huitième de ses gènes au poulain. Comme celui-ci n'hérite que de 35 % des performances de ses parents, il ne reste pas grand-chose.»

L'entrée de la génétique quantitative dans le monde des courses fait grincer les dents de plus d'un

éleveur. Ces hommes sont souvent nés dans le milieu du cheval et conservent en mémoire une fabuleuse connaissance empirique de la carrière des bêtes sur plusieurs générations. Voilà que l'information, jusqu'alors si précieuse, dont ils étaient les dépositaires se dissout dans la mémoire des ordinateurs. Laquelle, de surcroît, devient accessible à tous. Il suffit désormais aux amateurs de pianoter sur un minitel pour estimer la valeur d'un cheval ! (36 15 code Harasire.)

La mathématique du BLUP a bien sûr ses limites. Chacun sait que les grands cracks sont des chevaux hors norme, qu'il est impossible d'identifier à l'avance par un indice génétique ! Chacun sait aussi qu'un entraîneur de génie peut faire un champion d'un cheval de médiocre ascendance.



Amblain/Cogis

**Reste que le BLUP introduit une nouvelle rationalité.** Les techniques d'entraînement sont également remises en cause : le cheval de course est de plus en plus considéré comme un athlète au sens habituel du terme. Il doit donc suivre un programme d'entraînement sportif faisant appel aux dernières données de la médecine sportive.

«En France, les trotteurs participent à des courses de 1 600 à 4 000 mètres pour une durée d'effort de deux à cinq minutes», explique, par exemple, le Dr Thierry Demonceau, qui assure le suivi médical de nombreux trotteurs. «Sur le plan énergétique, cela permet d'établir des analogies entre l'effort physique du trotteur et celui de l'athlète de demi-fond (course de 1 500 m).» Or, on sait



que dans ces compétitions le type d'effort est mixte : une moitié est aérobie ; le sang alimente alors les muscles en oxygène (qui sert à fabriquer l'adénosine triphosphate, ou ATP, une molécule nécessaire à la contraction musculaire). Et l'autre moitié, lors de l'accélération de départ et du sprint final, est anaérobie. Le cheval puise dans ses réserves, l'intensité de l'effort dépassant les capacités d'oxygénation du muscle par le flux sanguin. Les muscles doivent alors éliminer l'acide lactique provenant de la dégradation du glycogène due à la fabrication d'autres molécules d'ATP.

«Le programme de mes entraînements, explique Thierry Demonceau, sert à augmenter la capacité aérobie du cheval pour repousser le plus tard possible le travail anaérobie, qui produit de l'aci-

tiques ou physiologiques. Ce sont les plus doués qui s'en sortent, mais à quel prix...»

**En Suisse, le Dr René Aebischer a mis au point des méthodes d'entraînement sophistiquées.** Il utilise les techniques modernes d'imagerie médicale (thermographie et échographie) pour le suivi orthopédique des chevaux. Une articulation surchargée sera légèrement plus chaude qu'une articulation symétrique. De même, l'observation du dos peut signaler les zones douloureuses qui peinent anormalement. Ce travail d'horloger sert à prévenir les accidents traumatiques tout en augmentant les capacités sportives des animaux. Un investissement ne pouvant intéresser que quelques grands champions...



### Des athlètes de demi-fond

Une course de trot attelé (ci-contre) se déroule sur un parcours de 1 600 à 4 000 mètres, et dure de deux à cinq minutes. C'est une performance comparable à celle des athlètes de demi-fond. On fait donc appel, pour perfectionner les méthodes d'entraînement des trotteurs (à gauche), aux dernières données de la médecine sportive : prises de sang, contrôle des rythmes cardiaques, etc.

de lactique et affaiblit les muscles. C'est fait parallèlement au contrôle du rythme cardiaque.»

Thierry Demonceau soumet donc ses chevaux à des séances de travail d'endurance et de sprint en contrôlant d'une part le taux d'acide lactique (par une prise de sang), et, d'autre part, la fréquence cardiaque grâce à un "cardiofréquence" fixé sur le cheval par une sangle.

Ce suivi permet un programme précis d'entraînement adapté à chaque cheval, les pratiques classiques conduisant trop souvent à soumettre tous les chevaux au même travail, quelle que soit leur capacité athlétique. «Les entraînements classiques ont tendance à "casser" les chevaux qui développent rapidement des pathologies trauma-

Ces nouvelles pratiques pénètrent lentement le milieu des courses. Un premier centre d'entraînement médico-sportif vient ainsi d'ouvrir ses portes le mois dernier à Laval, dans la Mayenne, l'un des berceaux du trotteur français.

L'élevage des chevaux perdra-t-il bientôt toute poésie ? Pas sûr. «On voit au bout de deux ou trois mois de "débouillage" si un cheval sera bon ou mauvais», déclare Jean-Claude Allais, l'un des meilleurs entraîneurs de chevaux de trot au monde. «Les bons chevaux ont du caractère et sont courageux», ajoute-t-il. Une variable qu'il est difficile de faire entrer dans un ordinateur et dont toute l'artillerie de l'imagerie médicale ne saurait rendre compte.

# Pourquoi les fruits n'ont pas de goût

**Les Français boudent les fruits. Et pour cause : ils sont le plus souvent insipides. Principaux responsables : les producteurs qui vont au plus simple et au plus rentable et les grandes surfaces qui tirent le marché vers le bas. Pourtant, les mauvais fruits ne sont pas une fatalité.**



PAR MARC MENNESSIER

Les Français en auraient-ils assez de manger des pommes sans saveur, de s'abîmer les dents sur des pêches pas mûres ou de recouvrir leurs fraises d'un épais manteau de sucre pour masquer leur absence de goût ? Toujours est-il que, d'après les statistiques de l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE), la consommation de fruits frais non tropicaux stagne depuis dix ans, après avoir chuté de 25 % au cours des années soixante-dix !

Certes, l'évolution des modes de vie et l'arrivée sur le marché de nouveaux produits, en particulier les desserts lactés (yaourts aux fruits, crèmes...), y sont pour quelque chose. Mais, de l'avis de la plupart des spécialistes, si les consommateurs boudent les étals de fruits, c'est d'abord parce qu'ils sont de moins en moins bons.

Rien d'étonnant à cela. «Pendant des années, les variétés de fruits ont été créées sur la base de critères purement agronomiques et commerciaux», reconnaît Robert Monet, responsable de l'amélioration du pêcher à l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) de Bordeaux. «Sauf quand il s'agissait d'éliminer un caractère rédhibitoire comme l'amertume, la valeur gustative était la dernière préoccupation des sélectionneurs, quand elle n'était pas carrément oubliée». L'urgence était de répondre aux besoins des producteurs, qui recherchaient la productivité maximum au moindre coût, et des négociants (expéditeurs, grossistes, grandes surfaces, détaillants...) obnubilés par l'aspect extérieur des fruits (forme, calibre, couleur...) et leur aptitude au transport et à la conservation. Bref, plutôt le "beau" que le "bon". Et tant pis pour le palais délicat des consommateurs !

Le goût est toutefois une notion très subjective. «Un





### **Plutôt le "beau" que le "bon"**

Pendant des années, la valeur gustative des fruits a été négligée au profit de critères purement commerciaux, tels l'aspect ou l'aptitude au transport et à la conservation. Le développement du libre-service, qui suppose la vente de fruits tape-à-l'œil et capables de résister aux "sévices" infligés par les consommateurs, a contribué à renforcer cette tendance.

C. Guy/Campagne, Campagne

même produit peut être apprécié par les uns et rejeté par les autres», rappelle Georgette Risser, responsable de l'amélioration du fraisier à la station INRA d'Avignon. «Les sélectionneurs ont donc eu tendance à ne retenir que les variétés susceptibles de satisfaire le plus grand nombre et à éliminer les saveurs marginales ou extrêmes.» D'où l'émergence de produits de masse, dont la célèbre pomme golden est l'exemple type : passe-partout, ni bonne ni mauvaise, et de surcroît bon marché, le consommateur qui n'en attend rien d'extraordinaire est sûr au moins de ne pas être déçu...

L'obligation de transporter les fruits sur de longues distances et de s'assurer qu'ils ne s'abîment pas entre le moment de la récolte et celui de la vente a eu également un impact très négatif sur la valeur gustative. Notre société devenant de plus en plus urbaine, les centres de consommation se sont éloignés des zones de production. Les "ceintures

vertes" qui occupaient la proche périphérie des grandes villes ont disparu et le temps où l'on mangeait des fruits tout frais, cueillis au stade optimal de maturité, est révolu. A moins, bien sûr, d'avoir la chance de posséder un jardin. Désormais, il se passe au minimum de deux à trois jours avant qu'une barquette de fraises ou un cageot de pêches produites dans le Sud n'arrivent sur les rayons des détaillants parisiens. Incapables de "tenir" la distance, la plupart des variétés traditionnelles ont été écartées au profit de nouveaux types à chair ferme qui, le plus souvent, n'ont pas les qualités organoleptiques de leurs aînées. Cela est particulièrement vrai pour les espèces fragiles comme l'abricot, la fraise, la pêche ou la tomate... A ce propos, les Israéliens ont créé, il y a quelques années, des variétés de tomates "long life", totalement insipides, mais capables de se conserver trois semaines après récolte, soit trois fois plus longtemps que les types



*suite de la page 103*

normaux. Cette caractéristique permet de faire venir par bateau, et donc à moindres frais, des tomates produites dans des pays où la main-d'œuvre est bon marché. C'est le cas du Maroc où, ces dernières années, plusieurs grosses sociétés françaises (coopératives, groupement de producteurs...) ont délocalisé une partie de leur production...

Toujours pour des raisons de tenue au transport, la plupart des fruits sont cueillis en tout début de maturation, voire carrément verts, à un moment où les principales composantes chimiques du goût n'ont pas eu le temps de s'élaborer (voir encadré p. 106). Résultat : la teneur en sucre est insuffisante, l'acidité trop élevée et, surtout, les arômes, qui sont synthétisés à la fin du processus de maturation, sont pratiquement inexistantes.

**Le consommateur des villes n'aurait-il le choix qu'entre des fruits pourris parce que cueillis trop mûrs, ou insipides parce que récoltés trop tôt ?** Fausse question, affirme Claude Chertier, responsable des achats de fruits et légumes chez Monoprix : «En vingt ans, les transporteurs ont fait de gros progrès tant en matière de vitesse d'acheminement que de réfrigération. Si bien qu'il est possible aujourd'hui de commercialiser, sans grand risque, des fruits cueillis à un stade de maturité plus avancé. Mais le négoce feint d'ignorer ces améliorations et continue d'acheter n'importe quoi à n'importe quel prix en mettant tout sur le dos du transport.»

Jean-Marc Audergon, responsable de la sélection de l'abricotier à l'INRA d'Avignon, va encore plus loin. Selon lui, «personne n'a encore démontré que les fruits durs ont une meilleure aptitude au transport que les autres». Mais les préjugés demeurent. Surtout face aux contraintes imposées par le développement du libre-service, en particulier dans les grandes et moyennes surfaces, qui représentent à elles seules plus de 50 % du marché des fruits et légumes frais.

Pour Yves Chambroy, ingénieur à la station de technologie végétale de l'INRA d'Avignon, cette technique de vente est «une véritable catastrophe : le libre-service impose la commercialisation de fruits résistants aux "sévoirs", c'est-à-dire capables de supporter sans trop de dommages les centaines de doigts plus ou moins propres qui les tripotent une fois mis en rayon». Les tomates en carton et les abricots en caoutchouc ont encore de beaux jours devant eux ! Mais c'est certainement la pêche qui a le plus pâti de cette mode. Les sélectionneurs américains (90 % des variétés actuelles de pêches sont originaires des Etats-Unis !) ont en effet mis au point des variétés dont les fruits se colorent entièrement de rouge, même... lorsqu'ils sont verts.

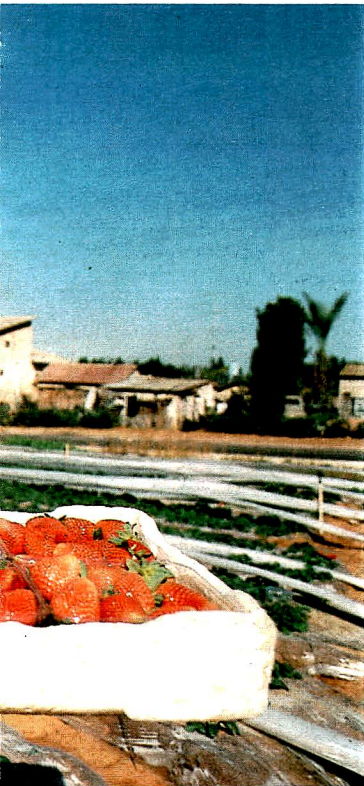


Gallia/Jerrican

Résultat : ou bien les consommateurs achètent des pêches dures comme des balles de tennis en croyant qu'elles sont mûres, ou bien, avertis de la supercherie, ils doivent se résoudre à palper un à un tous les fruits en rayon... Ce qui offre en fin de journée de bien tristes spectacles. La confusion est telle que les arboriculteurs eux-mêmes sont parfois dans l'incapacité d'évaluer "à l'œil" la maturité de leurs pêches au moment de la récolte !

Ces dérives sont d'autant plus critiquables que la commercialisation en libre-service des fruits et légumes frais relève d'une simple tolérance administrative. Pendant longtemps, cette technique de vente a même été frappée d'interdiction par l'article 127 du règlement sanitaire départemental type qui fixe les normes minimales à respecter en matière d'hygiène alimentaire. Mais sous la pression des distributeurs, ce texte a été assoupli par un arrêté publié au Journal officiel du 13 juin 1982. Lequel stipule que «la commercialisation en libre-choix des fruits et légumes peut être admise si le responsable de la vente veille à éviter toute manipulation excessive des marchandises de la part de la clientèle». A l'époque, le législateur suggérait même de «procéder à l'affichage de mentions invitant la clientèle à choisir les produits sans les manipuler et à les laver soigneusement avant préparation ou consommation». Il suffit d'aller faire ses emplettes dans n'importe quelle





## **Des fraises de février à novembre**

**La notion de saison disparaît. Le recours à l'importation (ici, des fraises espagnoles), la création de variétés très précoces ou au contraire très tardives, les techniques de production sous serre et la conservation sous atmosphère contrôlée ont permis ce "miracle". On trouve maintenant des pommes et des tomates fraîches toute l'année. Mais la qualité gustative n'est pas toujours au rendez-vous...**

grande surface pour s'apercevoir que ces conditions ne sont pratiquement jamais remplies...

La volonté d'allonger la période de commercialisation des espèces fruitières a elle aussi contribué à la dégradation de leur valeur gustative. Il y a encore une vingtaine d'années, on ne consommait la plupart des fruits qu'en saison, c'est-à-dire au moment où ils sont les meilleurs. Pour obtenir des fraises de février à novembre, des pêches de mai à octobre et des pommes et des tomates douze mois sur douze – le tout à des prix abordables –, il a fallu jouer sur plusieurs tableaux. Outre le recours à l'importation (en particulier des fraises d'Espagne, depuis l'entrée de ce pays dans la CEE), la gamme des variétés s'est élargie (des plus précoces aux plus tardives), les techniques de production sous serre ou hors-sol (notamment pour la tomate) se sont généralisées et les méthodes de conservation en atmosphère contrôlée se sont perfectionnées.

Le principe de ces dernières consiste, après récolte, à bloquer la maturation des fruits en les plaçant dans une enceinte où la composition de l'air a été modifiée (5 % d'oxygène et de 5 à 10 % de gaz carbonique) et la température abaissée aux alentours de 10 °C. Ces opérations ont pour effet de ralentir l'activité enzymatique et respiratoire des fruits et de les maintenir quasiment en état de survie.

Outre la possibilité de commercialiser tard en sai-

son, la conservation en chambre froide permet aussi d'étaler l'écoulement de la production et donc d'éviter l'effondrement des cours. Toutefois, tous les fruits ne s'y prêtent pas avec un égal bonheur : si la pomme golden peut se conserver un an sans subir trop de dommages, l'abricot et surtout la pêche n'y résistent pas plus de quinze jours à trois semaines. La chair de cette dernière prend même une texture cotonneuse particulièrement désagréable. Ensuite, d'une manière générale, le métabolisme repart de plus belle à la sortie de la chambre froide. Le fruit s'altère très vite et doit être consommé rapidement.

Mais c'est surtout en début de campagne que les atteintes à la qualité gustative sont les plus dommageables. Même si cette habitude tend à disparaître, du fait du développement des cultures à contre-saison, le consommateur est encore prêt à payer cher les premiers fruits mis sur le marché. Qui n'a jamais craqué pour les premières cerises ou les premières fraises ? Si bien qu'il est tentant pour les agriculteurs, qui réalisent sur ces primeurs l'essentiel de leur marge, de produire des fruits de plus en plus précoces. Quitte, parfois, à dépasser les bornes : comment tolérer, en effet, que des goldens ou des poires Guyot récoltées en plein mois d'août, vertes comme de l'ail, puissent être mises sur le marché après avoir été préalablement chauffées et "jaunies" à l'éthylène, gaz responsable, à l'état naturel, du déclenchement du processus de maturation chez de nombreux fruits (voir encadré p. 126) ?

La qualité de certains primeurs peut être exécrable au point de pénaliser la commercialisation de toute la production qui suit. Ce fait a été formellement constaté sur l'abricot : une étude a montré que les consommateurs qui achetaient en début de campagne du Précoce de Tyrinthe, une variété particulièrement insipide, évitaient ensuite d'acheter ce fruit pendant au moins quinze jours...

Pourtant, les techniques qui permettent de produire et de commercialiser des fruits savoureux sont au point depuis longtemps. Mais elles sont insuffisamment appliquées, voire quasiment ignorées de beaucoup de professionnels.

En plus du choix de la variété et du terroir (certains sols et certains climats sont plus propices que d'autres), on sait que la taille des arbres et l'éclaircissage (élimination des fleurs ou des jeunes fruits en surnombre) ont une influence prépondérante sur la valeur gustative en permettant une circulation optimale de la sève. Mais ces opérations sont coûteuses en main-d'œuvre.

De même, et contrairement à une idée reçue, la fertilisation et surtout l'irrigation ne sont pas forcément préjudiciables à la qualité. A condition d'éviter les déséquilibres, tant par excès que par



*suite de la page 105*

défaut, une alimentation raisonnée de la plante en eau et en éléments minéraux est favorable à la production de fruits de bonne valeur gustative. Cela étant, certains producteurs – notamment de pommes et de poires – continuent d'arroser leurs vergers à outrance pour hâter le grossissement des fruits en les gonflant littéralement d'eau. Ces derniers atteignent ainsi plus vite le calibre minimum de commercialisation ; ce qui permet de les vendre plus tôt et donc plus cher.

«Le problème est qu'il est souvent plus rentable et plus facile pour les agriculteurs d'obtenir de très hauts rendements avec de mauvais produits plutôt que d'opter pour la qualité : celle-ci n'est pas toujours rémunérée à son juste prix et cette démarche, beaucoup plus exigeante, requiert de plus grandes compétences techniques», déplore Françoise Alavoine, chercheur au Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts (CEMAGREF) d'Aix-en-Provence.

Il est vrai que, sous l'effet de la concurrence, le négoce, et en particulier la grande distribution, s'est toujours employé à tirer les prix vers le bas. Le marasme économique actuel ne fait d'ailleurs que renforcer cette tendance. Mais Daniel Cayré, responsable du service économique de la Fédération des entreprises de magasins à prédominance alimentaire et de services (FEDIMAS), assure que les distributeurs «sont prêts à payer de 15 à 20 % plus cher des produits de bonne valeur gustative, si les producteurs en apportent la garantie».

**Il est effectivement très difficile d'évaluer la saveur d'un lot de fruits uniquement sur l'apparence visuelle.** Et que dire lorsque les transactions se font par téléphone ! C'est pour cette raison que, sous la houlette de Jean Thiault, ingénieur général d'agronomie, la station du CEMAGREF d'Aix-en-Provence a entrepris, dès la fin des années soixante, de mettre au point des méthodes de mesure de la qualité gustative des fruits qui soient les plus simples et les plus objectives possible. Quatre critères ont été retenus : la fermeté, la teneur en sucres, l'acidité et le rapport sucre/acidité.

Mesurée à l'aide d'un dynamomètre, la fermeté renseigne sur le degré de maturation du fruit. Il est en effet bien connu que, plus ce dernier est mûr, plus sa chair a tendance à se ramollir sous l'action d'une enzyme, la polygalacturonase, qui dégrade la pectine contenue dans les parois cellulaires.

La teneur en sucres (glucose, saccharose, fructose, etc.) est déterminée par réfractométrie, c'est-à-dire en utilisant la propriété qu'ont ces molécules de dévier la lumière. Un fruit peu sucré souffre effectivement d'un lourd handicap ! D'autant que,

## LA VIE D'UN FRUIT

Elle se déroule en trois temps : une phase de croissance au cours de laquelle les cellules se multiplient avant de croître, suivie d'une phase de maturation, puis de la sénescence.

Chez les fruits dits "climacériques" (pomme, poire, banane, avocat, tomate, pêche, abricot, kiwi...), la maturation est déclenchée, de façon irréversible, par la sécrétion d'éthylène. Les spécialistes parlent de réaction "autocatalytique". Ce gaz, dont la concentration croît de façon exponentielle, joue le rôle d'une véritable clé de contact. L'activité respiratoire du fruit s'accélère et la composition

chimique est profondément modifiée, avec plusieurs conséquences :

- ramollissement de la chair provoqué par la dégradation enzymatique de la partie pectique des parois cellulaires ;
- augmentation de la teneur en sucres (glucose, fructose, saccharose, sorbitol...) suite à l'hydrolyse de glucides à longue chaîne comme l'amidon ;
- réduction de l'acidité consécutive à l'augmentation du rythme respiratoire ; les acides malique, citrique ou quinique présents dans le fruit vert étant utilisés comme "carburant" ;
- perte d'astringence liée à la polymérisation des tanins,

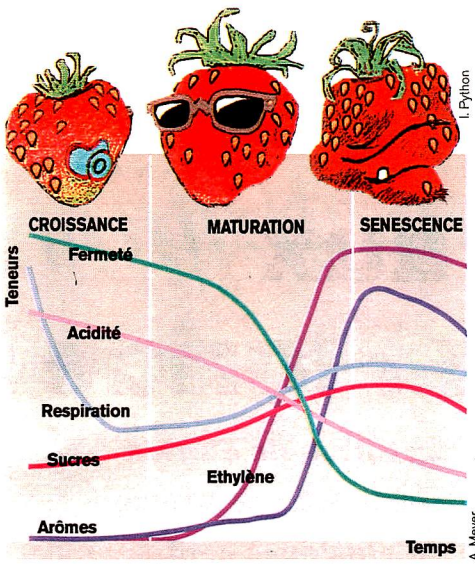
selon les spécialistes du CEMAGREF, les sucres sont les supports d'autres éléments importants du goût tels que les acides organiques, les pigments et surtout les essences aromatiques qui sont par ailleurs impossibles à analyser à l'aide de méthodes simples, rapides et peu coûteuses.

L'acidité, due à la présence d'acides organiques libres ou combinés sous forme de sels, est mesurée par neutralisation à la soude. Le rapport entre les teneurs en sucre et en acides conditionne fortement la sensation gustative. Il renseigne également sur le stade de maturité du fruit.

Ces techniques sont maintenant opérationnelles sur la plupart des espèces fruitières. Certes, elles ne peuvent prétendre définir complètement la valeur gustative (elles ne donnent, par exemple, aucune indication sur les teneurs en arômes), mais elles permettent au moins de garantir une qualité minimale sur laquelle il est possible de s'appuyer lors des transactions commerciales. Dans ces conditions, on peut se demander pourquoi leur emploi est facultatif et pourquoi les organisations professionnelles, et en particulier l'Interprofession des fruits et légumes (INTERFEL), ne les ont toujours pas imposées à l'ensemble de la filière.

C'est que séparer les bons fruits des mauvais revient aussi à faire le tri entre les agriculteurs qui produisent de la qualité... et les autres. Cela pose aussi des questions fort embarrassantes : que faire des lots déclassés ? Faut-il les écouler à bas prix, ou vaut-il mieux carrément les détruire ? On imagine que, d'un point de vue purement syndi-





molécules responsables de cette sensation gustative ;  
● synthèse de molécules aromatiques.  
Les techniques mises au point ses dernières années

permettent, en apportant artificiellement de l'éthylène ou, au contraire, en bloquant sa synthèse, d'avancer ou de retarder le processus de maturation.

cal, aucun responsable professionnel n'a envie de se livrer à une telle opération-vérité !

Néanmoins, face à une production croissante et à une consommation désespérément stagnante, de plus en plus d'opérateurs sont conscients de la nécessité de porter leurs efforts sur l'amélioration de la qualité gustative. Même si ces bonnes intentions sont encore loin de se traduire systématiquement par des actes, des réalisations intéressantes ont vu le jour ces dernières années. C'est le cas, notamment, avec le développement de marques régionales (pommes de Savoie, pommes du Limousin, abricots de la Drôme...), créées par des groupements de producteurs soucieux de privilégier la qualité en se pliant à un cahier des charges très strict (conduite du verger, respect des dates de récolte, etc.).

De son côté, l'Union nationale des syndicats de détaillants en fruits et légumes (UNFD) a mis sur pied, il y a trois ans, le Groupement d'intérêt économique (GIE) Fruitiers qui regroupe, sous cette enseigne, plus de 130 adhérents à travers la France. Ces commerçants s'engagent à vendre à leur clientèle des produits savoureux tout en leur fournissant un service et un accueil de qualité.

A l'INRA de Bordeaux, René Monet, déjà cité, est en train de mettre au point des variétés de pêche et de nectarine "plates" qui ressemblent... à des tomates. Avantage : cette forme atypique est liée génétiquement à une perte rapide de l'acidité et à une teneur en sucre élevée. «Cela devrait permettre aux consommateurs de reconnaître, au moment de l'achat, qu'ils ont affaire à de bons fruits. A condi-

tion, bien sûr, que ces derniers aient été récoltés suffisamment mûrs», explique-t-il.

Le sélectionneur privé Henri Delbard soumet, quant à lui, toutes ses nouvelles obtentions de pommes et de poires à des jurys de dégustateurs qui procèdent à des tests en aveugle. Cette méthode a été mise au point en collaboration avec Jacques Puisais, président de l'Institut français du goût à Tours. Elle vient de déboucher sur la création de deux nouvelles variétés de pommes particulièrement savoureuses, Delbard estivale et Delbard jubilé.

A Cavaillon, un bricoleur de génie, Charles Giraud, anciennement expéditeur de fruits et légumes, a mis au point il y a huit ans une machine capable de tester individuellement la teneur en sucres des melons, au rythme incroyable de 2 400 fruits à l'heure. Une sonde prélève automatiquement sur chaque melon une carotte de 1,8 millimètre de diamètre, qui est analysée par réfractométrie puis replacée sur le fruit sans laisser de marque visible. En dessous de 8 % de sucres, les melons sont retirés du marché. Entre 8 et 10 %, on obtient une qualité standard et, au-delà de 10 % (mais ce seuil peut être porté à 11 ou 12 %), les fruits bénéficient d'un label "Top melon" qui garantit leur richesse en sucres et permet de les commercialiser de 15 à 20 % plus cher. L'an passé, 50 000 tonnes de melons, ce qui représente environ le sixième de la production française, ont été triées par une soixantaine de machines de ce type. Dans l'ensemble, la qualité de ce fruit est en nette amélioration. «En cinq ans, la teneur en sucres a augmenté d'un point d'indice au niveau national», estime Michel Crochon, ingénieur au CEMAGREF de Montpellier.

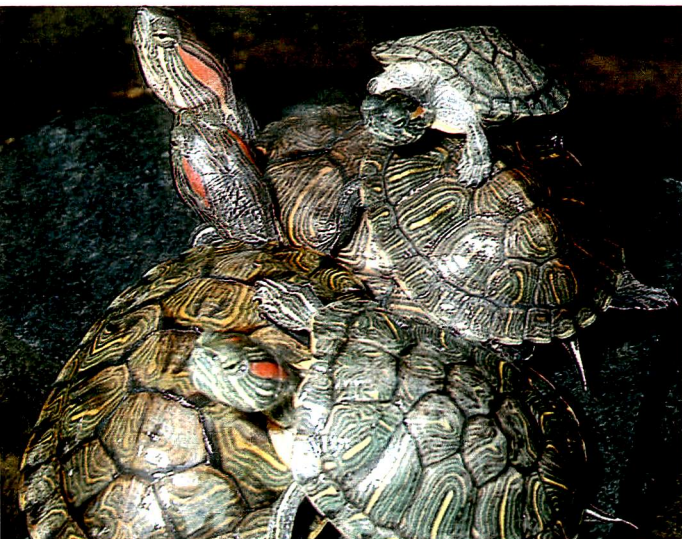
Mais tous les fruits ne se prêtent pas sans dommage à ce genre de manipulations : pas question de "carotter" une à une les pêches ou les poires avant de les commercialiser ! Jamais à court d'idées, Charles Giraud a donc conçu, à l'attention des expéditeurs et des coopératives de production, un laboratoire automatique de contrôle de la valeur gustative des fruits qui analyse, sur échantillon, le calibre moyen, la fermeté, le taux de sucre, l'acidité et la jutosité (rapport jus/matière sèche). «La mauvaise qualité n'est pas une fatalité», explique cet entrepreneur. Avec sa dernière trouvaille, on peut souhaiter qu'elle ne sera bientôt plus qu'un mauvais souvenir !

Il y a cinquante ans, les fruits étaient encore considérés comme des produits de luxe. Les progrès conjugués de la génétique, de l'agronomie et de la technologie ont réussi à en faire des biens de consommation courante. «Après avoir réussi le pari de l'abondance, il reste maintenant à gagner celui du goût», confie Jacques Puisais. C'est techniquement possible. Encore faut-il le vouloir... ■

# Alerte aux tortues de Floride !

**La tortue de Floride déferle sur la France à raison de plusieurs centaines de milliers par an. Certains y voient une menace pour l'équilibre écologique de nos rivières et de nos étangs. Voire un risque pour la santé...**

PAR THIERRY PILORGE



R. König/Jacana

**D**ans le box des accusés, un adorable bébé. Pas plus grosse qu'une pièce de cinq francs, la tortue de Floride est l'animal-objet parfait : discret, décoratif, que l'on pose sur la cheminée... Au bout de quelques années, devenue adulte, elle atteint 15-20 cm et près de 2 kg. Le petit bassin de ses débuts ne lui suffit plus... La bête est aussi plutôt vorace, et ne se contente pas de salade : la viande est plus à son goût. Sans compter les compléments vitaminés, les soins vétérinaires, le chauffage, etc. Alors, un beau jour, on décide de se séparer de ce compagnon devenu trop coûteux et trop encombrant. Dans le meilleur des cas, on s'adresse à un jardin zoologique. Certains se tournent une dernière fois vers le vétérinaire, pour faire "euthanasier" l'animal, pourtant dans la force de l'âge et capable de vivre encore plusieurs dizaines d'années. D'autres, dans un souci "humanitaire", le relâchent dans la nature, dans une mare, en se disant qu'il saura bien se débrouiller tout seul...

Que devient-il alors ? Selon Marc Cheylan, zoologiste à l'Ecole pratique des hautes études de Montpellier et expert auprès de l'UICN (Union internationale de conservation de la nature), plusieurs

milliers de tortues trouveraient chaque année le chemin de nos rivières et de nos étangs. Des tortues de Floride ont été observées un peu partout en France. A proximité des villes (dans les étangs de Marne-la-Vallée, par exemple), mais aussi dans des endroits sauvages, par groupes pouvant atteindre 10 à 30 individus.

Or, à en croire les herpétologues (spécialistes des reptiles et des amphibiens), à ce rythme, la "Floride" (*Trachemys scripta elegans*) aura tôt fait d'éliminer la cistude d'Europe (*Emys orbicularis*), espèce aquatique autochtone dont elle colonise les biotopes. D'après Marc Cheylan, la tortue de Floride, beaucoup plus vorace et plus vive, risque d'appauvrir considérablement les milieux naturels, en les dépeuplant de tout ce qui se mange. Les populations de cistudes, déjà fort mal en point, pâtiraient sans doute sévèrement de cette concurrence.

«Encore faudrait-il que la "Floride" fasse souche dans ce nouveau milieu naturel», objecte Yves Doucinet, président du PRODAF (Syndicat interprofessionnel des fabricants et distributeurs de produits et animaux familiers). C'est d'autant moins probable, souligne-t-il, que le climat de la France est



tempéré par le Gulf Stream : alors qu'aux Etats-Unis le climat est beaucoup plus tranché, «en France, il est très fréquent, en hiver et au printemps, d'avoir des redoux et des périodes de gel alternés. Lors d'un redoux, les tortues de Floride sortent d'hibernation et, s'il y a regel, elles périssent». Jusqu'à présent, aucune étude écologique permettant de trancher n'a été menée en France.

Si, aux yeux des associations, le danger écologique constitue le problème majeur, il ne faut pas occulter le risque sanitaire : la "Floride" serait infestée de salmonelles. Pour preuve, un article paru dans le *Journal of the American Medical Association* en 1980, selon lequel l'interdiction aux Etats-Unis, depuis 1975, de la vente de tortues de moins de 10 cm a fait régresser le nombre de cas de salmonelloses. Cette mesure, toutefois, ne s'applique pas à l'exportation. A l'importation en France non plus, d'ailleurs. Les bébés tortues doivent seulement, à leur départ des Etats-Unis, ne présenter «aucun signe clinique de maladies infectieuses». D'ailleurs, il faut bien reconnaître que, si cer-

taines salmonelles sont mortelles, plusieurs milliers ne posent pas de problème de santé, simplement parce qu'elles ne sont pas transmissibles à l'homme. De fait, jusqu'à présent, on n'a répertorié en France que deux cas de salmonelloses humaines en relation avec les tortues de Floride (cf. *Revue d'épidémiologie et santé publique* n° 38, p. 71). Un seul était réellement préoccupant, car il s'agissait d'un enfant de 5 mois, atteint de mucoviscidose, dont les défenses immunitaires étaient affaiblies. Bref, les médecins français sont loin d'être alarmistes. Quant aux associations, elles préfèrent se battre sur le terrain écologique. A fronts renversés, d'ailleurs : car si, en France, on craint la prolifération, aux Etats-Unis, les populations de "Floride" seraient plutôt menacées d'extinction ! En effet, si les bébés exportés naissent tous en élevage, ce n'est pas le cas des adultes reproducteurs, prélevés directement dans la nature. Enfin, comme souvent dans le commerce d'animaux sauvages, il y aurait de la "casse". Selon la Société herpétologique de France (SHF), 90 % des tortues importées mourraient pendant leur première année de captivité. Dans les deux camps, donc, on appuie des posi-

tions tranchées sur des estimations et des supputations. Quoi qu'il en soit, la première urgence serait de mener une étude scientifique de l'impact écologique éventuel de la tortue de Floride sur nos écosystèmes.

En attendant, la bataille fait rage. Les uns, SHF et SOPTOM (Station d'observation et de protection des tortues des Maures) en tête, demandent une législation draconienne avant qu'il soit trop tard ; pour eux, il faut limiter les importations de tortues

de Floride aux animaux de plus de 15 cm, sous réserve qu'ils soient dépourvus de salmonelles. Côté PRODAF, Yves Doucinet plaide que ce serait injustement tuer un marché dont le chiffre d'affaires s'élève, selon lui, à quelque 500 millions de francs par an ! Car un animal de cette taille coûte beaucoup plus cher à produire et se vend donc plus cher. Sans compter qu'un adulte n'a pas le même charme qu'un bébé. Il y aurait bien une manière de régler le problème : demander aux producteurs américains de ne "fabriquer" que des mâles... En effet, chez les tortues, le sexe des embryons est déterminé

par la température : ainsi, chez la "Floride", maintenues à une température inférieure à 28 °C, les femelles reproductrices ne donnent que des mâles. La SOPTOM et le groupe "Cistude" de la SHF ont d'autres solutions en réserve. Par exemple, créer des lacs d'accueil réservés à la tortue de Floride, hermétiquement clos, disposant d'une plage de ponte où les œufs seraient systématiquement récoltés pour éviter le développement des populations. Il en existe déjà, comme dans le Village des Tortues, à Gonfaron (Var).

Dernière solution envisagée : la création d'un réseau d'échanges. Car, si certains propriétaires de tortues de Floride veulent s'en débarrasser, d'autres ne demandent pas mieux que d'en accueillir.

Le débat risque de rebondir. Car apparaissent déjà dans les animaleries françaises d'autres charmants bambins américains : ceux de *Chelydra serpentina*, appelée tortue hargneuse, tortue hapyante, ou encore tortue vorace... Cette douce créature, une fois adulte, peut atteindre près de 50 cm pour un poids de 35 kg. Relâchée dans la nature, elle risque, cette fois, de poser des problèmes écologiques indiscutables. ■



P. Prigent/Jacana

### Si vous êtes en froid avec votre tortue...

La cistude d'Europe (ci-dessus) serait menacée par sa cousine américaine de Floride (à g.). Si cette dernière vous encombre, surtout, ne la relâchez pas dans la nature. Contactez l'une des adresses ci-contre.

#### Quatre adresses pour parler tortue

- Société herpétologique de France, université Paris VII, Laboratoire d'anatomie comparée, 2 place Jussieu, 75230 Paris Cedex 05.
- Muséum national d'histoire naturelle, Laboratoire des reptiles et amphibiens, 25 rue Cuvier, 75005 Paris. Tél. : 1 40 79 34 95.
- SOPTOM - Village des Tortues. Tél. : 16 1 94 78 26 41.
- Vous pouvez aussi vous adresser au zoo local.

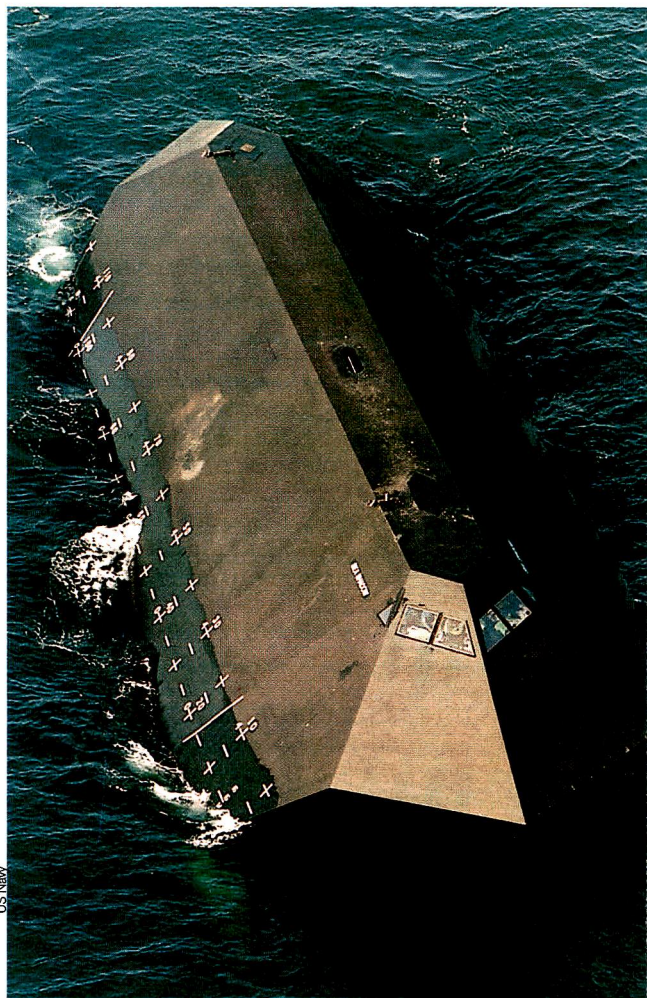
# Le vaisseau fantôme de l'US Navy

**Il y a comme un petit air de famille. Ce n'est pas un hasard : le *Sea Shadow* est bien le frère marin de l'avion furtif. Dévoilé en avril dernier, le vaisseau fantôme de la marine américaine a réussi à échapper aux regards et aux radars pendant huit ans.**

PAR EDOUARD LAUNET

**Encore** un secret bien gardé ! Il avait fallu attendre dix ans pour découvrir le museau anguleux du *Stealth Fighter* (ou Lockheed F-117A), cet avion furtif capable de déjouer les radars (voir *Science & Vie* n° 873, p. 84). Le bateau furtif, lui, a réussi à rester invisible pendant huit ans. Il est vrai qu'en dehors d'une campagne d'essais menés de nuit en 1985 et 1986, le *Sea Shadow* – c'est son nom (en français, "ombre de mer") – n'a guère navigué. Depuis sept ans, ce bâtiment (dû aussi à Lockheed) était caché sous un ponton flottant ancré devant Redwood City, dans la baie de San Francisco. Dans l'eau, certes, mais à sec de crédits.

**Le 11 avril dernier, le navire invisible a repris la mer.** De jour, cette fois, et sous les yeux de quelques journalistes. Au soleil de la Californie du Sud, au large de laquelle il croise aujourd'hui, le vaisseau fantôme ne passe pas vraiment inaperçu. Long d'une cinquantaine de mètres et large de vingt, cet impressionnant catamaran noir ressemble de face à un étrange accent circonflexe. De côté, il a plutôt l'air d'une grande barge. De fait, ce bâtiment lourd (560 tonnes) et peu mobile (13 nœuds au maximum) a été conçu à l'origine pour servir, entre autres missions, de

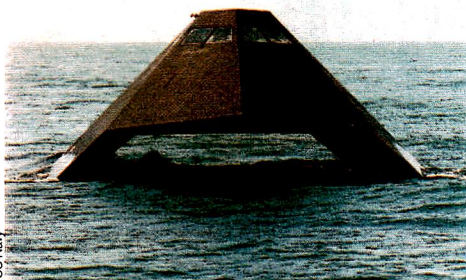


US Navy



plate-forme lance-missiles. Il n'est, pour l'heure, qu'un grand navire laboratoire destiné à l'étude de diverses techniques avancées : nouvelles structures, automatisation des manœuvres (l'équipage ne compte que quatre hommes) et, bien sûr, "furtivité" (discrétion radar). Aucune production en série n'a été lancée, selon la Navy.

**Faire disparaître un navire des écrans radars n'est pas chose facile.** Car qui dit bateau, dit sillage. Et un sillage engendre des vagues qui, elles, ne sont pas furtives du tout. Il ne suffisait donc pas d'appliquer au *Sea Shadow* les techniques utilisées sur l'"avion invisible". A savoir des revêtements spéciaux pour amortir les ondes radars, ainsi que des surfaces obliques et un profil anguleux pour les dévier. Il fallait aussi aux ingénieurs de Lockheed se préoccuper d'hydrodynamique. D'où le choix d'un catamaran, dont les deux fines coques créent peu de remous, et d'une propulsion au moyen de deux hélices (une sur chaque coque) tournant en sens contraire.

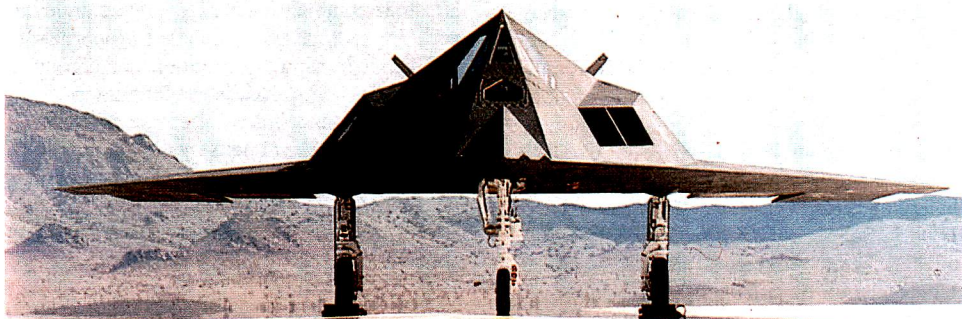


US Navy

Mais peu de remous, n'est-ce pas déjà trop ? Selon la revue américaine *Aviation Week & Space Technology* (3 mai 1993), présente lors des premières évolutions publiques du *Sea Shadow*, le sillage reste détectable au radar, au moins sur mer calme. La nouvelle campagne d'essais lancée le 11 avril dernier a d'ailleurs pour but d'étudier plus précisément ce sillage, en vue de le réduire. Pour cela, il fallait opérer de jour. C'est ce qui aurait amené la Navy à lever le voile sur son vaisseau fantôme.

Le programme *Sea Shadow* a coûté à la marine américaine un peu plus d'un milliard de francs, le navire lui-même comptant pour quelque 270 millions. Les recherches ont pu être réactivées cette année, en raison d'un récent changement de politique du Pentagone. Celui-ci a en effet décidé de poursuivre le financement de travaux qui ne doivent pas nécessairement aboutir à un programme de production (c'est le cas de ce vaisseau).

**Les études menées sur le bateau furtif ont tout de même eu des retombées concrètes :** les techniques de furtivité ont été appliquées à une classe de destroyers (DDG-51). La coque de catamaran à faible traînée a, elle, été adoptée par certains navires de surveillance (de la classe T-AGOS-19). D'autres retombées sont tenues secrètes. Peut-être sont-elles liées aux techniques mises en œuvre pour déjouer les sonars. Car, difficulté supplémentaire, les navires doivent aussi compter avec les sous-marins. Construire l'avion furtif fut une belle prouesse. Faire le vaisseau fantôme des temps modernes est décidément une autre paire de manches. ■



Sigma

## Un OVNI des mers ?

Disparaissant aussi rapidement qu'il apparaissait, tant dans le ciel que sur les écrans radar, l'avion furtif fut souvent pris pour un OVNI lors des vols nocturnes qu'il a effectués avant que son existence soit enfin dévoilée. Son jumeau marin ne risquait pas de faire une carrière semblable dans l'imaginaire populaire : aussi furtif soit-il intrinsèquement, comme tout bateau, il est trahi par son sillage.

# La fin du

**La saturation de l'espace aérien accroît les risques de collision en vol. Pour renforcer la sécurité, le système TCAS permet désormais au pilote de voir sur un écran de bord les avions qui évoluent autour de lui, même en plein brouillard. Ce dispositif sera obligatoire aux Etats-Unis dès la fin de l'année.**

PAR PIERRE CAZENAVE



A. Chambon/Ennuit Features

Arrivé au-dessus de New York, l'avion est englouti par un brouillard à couper au couteau. Visibilité nulle. Dans le cockpit, l'équipage sait pertinemment que le ciel tout autour est sillonné dans tous les sens par de nombreux avions, les uns venant de décoller, les autres se préparant comme lui à atterrir. Pour éviter tout risque de collision, le pilote suit aveuglément et à la lettre les instructions de la tour de contrôle. L'avion se pose sans encombre au bout de quelques minutes. Longues minutes.

Un des écrans de la planche de bord de l'avion permettra de mettre bientôt un terme à cette épreuve, qui fait partie de la "routine" quotidienne de milliers d'équipages aux quatre coins du monde. Il donnera au pilote une image précise de l'espace qui l'entoure. Mieux, il lui indiquera, le moment venu et suffisamment à l'avance, la manœuvre à effectuer pour éviter l'avion dont la trajectoire risque de croiser la sienne à

une distance potentiellement dangereuse.

L'histoire commence aux Etats-Unis, dans les années cinquante. L'association du transport aérien (ATA, Air Transport Association, qui regroupe la plupart des compagnies aériennes américaines) attire à maintes reprises l'attention de l'administration américaine et des services aéronautiques officiels de plusieurs pays sur l'utilité d'un système anticollision – baptisé, depuis, TCAS (*Traffic Alert and Collision Avoidance System*, système anticollision et de surveillance du trafic).

**John S. Morrell, ingénieur chez l'équipementier américain Bendix, se met alors au travail**, et publie en 1956 la première étude méthodique des principes de dynamique permettant la conception d'un tel équipement. Morrell établit qu'un avion en vol doit disposer d'un volume minimal de sécurité dont la forme et les dimensions varient selon sa vitesse et celles des



# pilotage aveugle



autres appareils volant à proximité. En divisant les distances séparant tous ces avions par leurs vitesses de rapprochement, il obtient un quotient qu'il appelle "Tau". Dans la pratique, pour les pilotes, Tau indique le minimum de temps nécessaire, après la détection d'un risque de collision entre deux avions, pour exécuter une manœuvre d'évitement (voir dessins p. 114).

Ironie du sort : les travaux de Morrell à peine publiés, deux avions entrent en collision en plein vol au-dessus du Grand Canyon. Bilan : 128 victimes. L'accident a eu un retentissement considérable outre-Atlantique, en particulier dans le monde du transport aérien. La FAA (Federal Aviation Agency – l'équivalent américain de la Direction générale de l'aviation civile), les spécialistes de l'électronique embarquée, les constructeurs d'avions et les équipementiers conjuguent alors leurs efforts pour proposer un système capable de répondre

## **La vigie des avions en vol**

Y a-t-il des avions autour de moi ? Où ?

A quelle altitude ? Se rapprochent-ils ?

Présentent-ils un risque potentiel de collision ?

Le TCAS apporte au pilote la réponse à ces questions pour tout "intrus" présent dans un rayon d'une quarantaine de km.

aux exigences de l'aviation civile face aux risques de collision en vol induits par l'augmentation de la densité du trafic aérien.

En 1976, après de nombreux balbutiements, un précurseur des TCAS d'aujourd'hui est enfin prêt à faire l'objet d'une évaluation sérieuse. L'entreprise est obligatoirement longue, dans la mesure où il faut le temps de mettre à l'épreuve la fiabilité du dispositif lui-même et la qualité de l'interface entre le système et le pilote (présentation des informations, lisibilité, formulation des messages, etc.). Quelques années plus tard, l'explosion du trafic aérien en Amérique du Nord (issue de la déréglementation du transport aérien) amène l'administration Reagan à décider que tout avion de ligne de plus de trente passagers survolant les Etats-Unis devra obligatoirement être doté d'un tel système anticollision.

Date d'entrée en vigueur : 31 décembre 1993 pour les avions de lignes à réaction (turboréacteurs) de plus de trente passagers. Ce délai relativement long visait à tenir compte de la lourdeur de l'investissement impliqué (n'oublions pas que les flottes des grandes compagnies comptent des centaines d'avions), du temps nécessaire pour former les équipages et pour convaincre les contrôleurs aériens, parfois réticents. A partir de février 1995, l'obligation s'étendra aux avions plus petits (à partir de dix passagers), même dotés de moteurs à hélice (turbopropulseurs). Les compagnies aériennes ne disposent plus que de quelques mois...

**A bord de chaque avion qui en est équipé, un système TCAS comprend un émetteur-récepteur et un transpondeur** (ainsi que différentes antennes). L'émetteur d'un avion envoie "à la cantonnade" dans l'espace aérien environnant un signal d'interrogation. Lorsqu'il est capté par le récepteur d'un autre avion, le transpon-



## suite de la page 113

deur de ce dernier décline un code spécial TCAS renvoyé par son émetteur. Reçue par le premier avion, cette réponse permet au TCAS de celui-ci de calculer les principaux paramètres de vol de l'appareil qui a "répondu" (altitude, taux de montée ou de descente, direction, vitesse) et d'en déduire la distance à laquelle il se trouve, son taux de rapprochement, son cap et son altitude.

Digérées par le système récepteur, ces informations sont converties en valeurs de temps. Et dès que le temps séparant deux avions descend en dessous d'une certaine valeur critique, le TCAS avertit l'équipage visuellement, en affichant sur un écran de la planche de bord un point symbolisant l'avion intrus, et en avertissant d'une voix synthétique l'équipage de sa présence.

**Les équipementiers et la FAA ont défini trois catégories de TCAS.** Dès que l'avion intrus décrit ci-dessus se rapproche encore jusqu'à franchir le périmètre de sécurité (déterminée par le principe "Tau"), son symbole à l'écran

change immédiatement pour représenter un "avis de trafic à proximité". En même temps, la voix synthétique avertit : «*Traffic ! Traffic ! Traffic !*». Le pilote dispose alors d'une trentaine de secondes pour effectuer la manœuvre qu'il estime indispensable pour maintenir avec l'intrus l'écart nécessaire à la sécurité de son vol. Une fois le risque passé, la voix annonce : «*Clear of conflict.*» (risque écarté.)

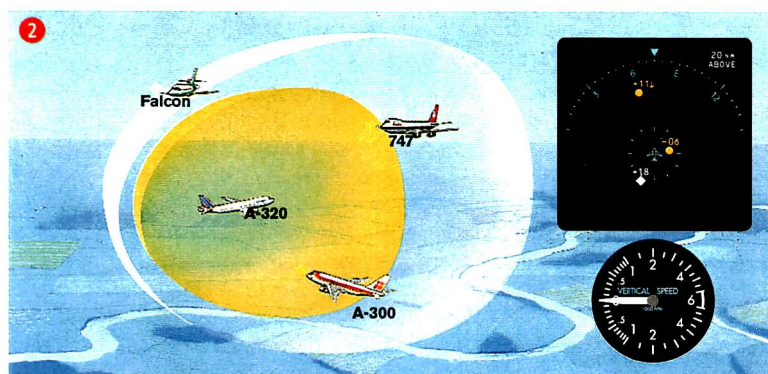
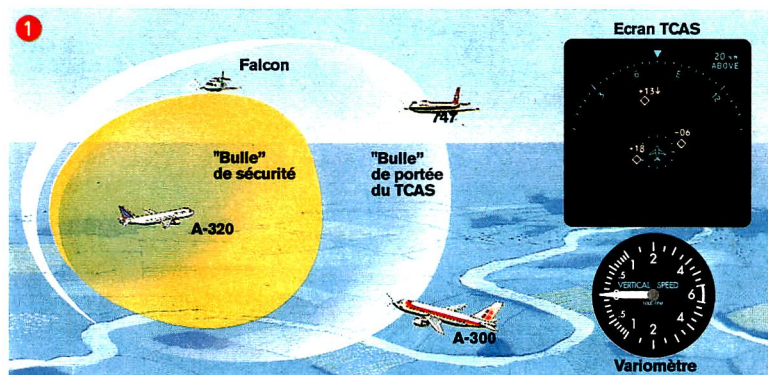
Doté d'un rayon d'action plus étendu, le système TCAS II avertit plus tôt le pilote de la présence d'un avion intrus (dès qu'il arrive à 20 milles nautiques, soit une quarantaine de km). De plus, en cas de proximité potentiellement conflictuelle, il affiche et annonce la manœuvre la plus efficace à effectuer, en montée ou en descente, pour poursuivre le vol en toute sécurité (dessins ci-dessous). Enfin, les systèmes de dernière génération, ou TCAS III, ajouteront à ce changement de plan horizontal une modification simultanée de trajectoire dans le plan vertical, suggérant au pilote un virage à gauche ou à droite. Résultat, les ma-

## Carré rouge à l'intrus et ordre au pilote de s'écarter

Voici, en quatre étapes, le scénario d'un risque de collision écarté grâce au système TCAS. Les dessins sont là pour nous permettre de suivre la situation que le pilote (ici, d'un A-320) voit évoluer sur son écran de bord (incrusté dans chaque dessin). Bien sûr, pour que le système fonctionne, tous les avions qui se croisent doivent en être équipés.

**1 LOSANGE ÉVIDÉ : IL Y A DU TRAFIC DANS LES PARAGES.** Trois appareils évoluent dans l'espace autour de notre A-320 (silhouette bleue au centre de l'écran) : un petit Falcon se présente sur sa gauche, à 1 800 pieds au-dessus ; un Boeing 747 arrive pratiquement de face, à 1 300 pieds au-dessus, et est en descente (flèche vers le bas à l'écran) ; un Airbus A-300 arrive de l'avant droit, à 600 pieds au-dessous. Dès qu'ils pénètrent dans la zone surveillée par le TCAS (bulle blanche), les avions apparaissent à l'écran, où ils sont symbolisés par des losanges au trait blanc.

**2 ROND JAUNE POUR DEUX "INTRUS".** Quelques dizaines de minutes plus tard, le 747 et l'Airbus A-300 franchissent le périmètre de sécurité (bulle jaune - par un effet de "zoom", l'écran cadre une scène de 10 milles nautiques, au lieu de 20 dans la situation 1). Le pilote le sait instantanément, car l'écran leur a affecté un rond jaune au lieu du losange évidé. Simultanément, le TCAS avertit l'équipage par un "avis de trafic à proximité" annoncé par une voix synthétique. Toujours dans les parages mais étant passé sans pénétrer dans ce périmètre, le Falcon jet conserve un losange, mais celui-ci devient plein.





nœuvres d'évitement que le pilote aura à effectuer seront ainsi de moindre ampleur, plus rapides à exécuter et plus confortables pour les passagers. Les algorithmes du TCAS III sont actuellement en développement et ce système n'est pas encore en service sur les avions de ligne.

**Rassurons tout de suite les passagers des lignes aériennes :** il ne faut pas croire que les avions courent un risque permanent de collision dès qu'ils pénètrent dans des zones aériennes surchargées. Ainsi, les statistiques effectuées au cours des premières années de mise en service des TCAS II sur des avions de ligne aux Etats-Unis ont révélé qu'un seul "avis de trafic à proximité" sur trente donnait lieu à un "un avis de conflit à résoudre". En fait, un "avis de conflit à résoudre" n'est donné par le système TCAS II que dans le cas où la trajectoire de l'avion intrus risque, si rien n'est fait pour l'éviter, de provoquer une collision. L'intérêt des "avis de trafic à proximité" est donc surtout d'attirer l'attention des pilotes sur la présence des autres avions, plus particulièrement pour s'assurer qu'une manœuvre qu'ils pourraient projeter (changement de niveau de vol, par exemple) ne comporte aucun risque de les mettre sur une trajectoire po-

tentiellement conflictuelle.

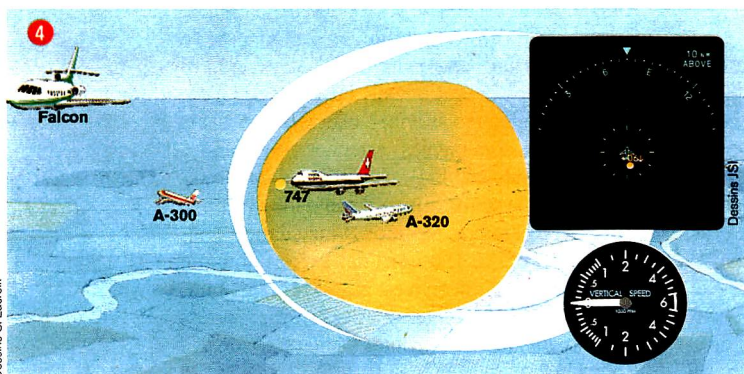
Trois compagnies américaines, Piedmont, Northwest et United, ont participé à l'évaluation des TCAS II au cours de vols commerciaux réalisés sur leur réseaux respectifs. Le bilan est positif, et les TCAS ont démontré qu'ils étaient utilisables quelles que soient les conditions météorologiques (parce que les messages échangés sont émis en très hautes fréquences) et qu'ils pouvaient, en rassurant les équipages – qui ne volent plus sur la seule foi des instructions des tours de contrôle –, réduire le stress de ceux-ci dans des régions où le trafic est particulièrement dense.

Aujourd'hui, plus de 3 500 avions, essentiellement immatriculés aux Etats-Unis, sont déjà dotés de ce système anticollision, dont les trois quarts sont équipés de variomètres à écran plat à cristaux liquides, construits par l'équipementier français Sextant Avionique.

Comme il est normal dans la phase de lancement d'un nouveau système, quelques modifications de logiciels ont été nécessaires car, dans certains cas, les TCAS détectaient le transpondeur de leur propre avion, et annonçaient ainsi une collision imminente avec un avion fantôme ! Dans d'autres cas, lorsque l'avion était à quelques dizaines de mètres de la piste d'atterrissage, le TCAS pouvait être à ►



**3 CARRÉ ROUGE : ATTENTION, RISQUE DE COLLISION !** Continuant d'avancer, le 747 perd toujours de l'altitude : plus que 900 pieds entre lui et l'A-320. Si rien n'est fait, les deux avions se croiseront avec un écart en altitude insuffisant pour garantir leur sécurité (minimum, 500 pieds). Il y a risque de collision : l'écran affecte à l'"intrus" un carré rouge ; la voix synthétique donne un ordre bref : « Descend ! Descend ! Descend ! ». Le pilote dispose d'une trentaine de secondes pour s'exécuter. Pour lui indiquer le taux de descente à adopter, le variomètre (compteur de vitesse de montée ou de descente) affiche une couronne rouge sur toute la plage des vitesses verticales interdites. Dans notre exemple, l'A-320 doit descendre à un taux supérieur à 1 500 pieds/minute. Quant aux deux autres avions : l'A-300 a quitté sans encombre le périmètre de sécurité, et son symbole est devenu losange blanc. Le Falcon, lui, a disparu de l'écran puisqu'il est sorti de l'espace surveillé par le TCAS.



**4 MANŒUVRE TERMINÉE, RISQUE ÉCARTE.** Notre avion est revenu au vol horizontal (aiguille du variomètre à zéro) ; à l'écran, le carré rouge du 747 est redevenu puce jaune, l'altitude séparant les deux avions litigieux est revenue à 600 pieds, donc au-dessus de la limite admise. L'A-300, à son tour, a disparu de l'écran.



*suite de la page 115*

l'origine d'une remise des gaz inutile, tout simplement parce qu'il avait détecté la présence des avions en attente sur le *taxi-way* ou le parking de l'aéroport... Il semble que la grande majorité de ces défauts de jeunesse aient été corrigés.

**Reste une dernière question, celle d'une concurrence possible entre les indications du TCAS et les instructions des aiguilleurs du ciel.** Que faire, en effet, si le TCAS d'un avion conseillait à son pilote une manœuvre d'évitement après l'avoir informé de la présence d'un avion à proximité du sien ? Ignorer l'avertisse-



## **Le TCAS III renseignera aussi les aiguilleurs du ciel**

**Dans la tour de contrôle, l'aiguilleur du ciel pourra recevoir sur son écran la même image du trafic aérien autour d'un avion donné que celle affichée à bord dudit avion.**

ment (ce qui reviendrait à remettre en cause la fiabilité ou l'utilité du système et peut-être provoquer un accident) ? Communiquer au contrôleur l'information que lui donne son système anticollision (le laps de temps nécessaire pour obtenir une réponse pourrait sembler trop long au pilote qui craint une collision) ? Ou encore effectuer la manœuvre d'évitement conseillée par son TCAS ?

Aussi hypothétique soit-il, ce cas de figure a été envisagé, et la réponse des pilotes de ligne en France est claire. L'équipage suit les indications

du TCAS pour assurer la sécurité du vol et informe le contrôleur – à qui la présence de l'intrus aurait pu échapper, parce que cet avion ne faisait pas partie de ceux qu'il a en charge (dans un centre de contrôle, la surveillance d'une zone donnée est répartie entre un certain nombre d'aiguilleurs du ciel, qui suivent chacun un nombre donné d'appareils).

En Europe, la plupart des pilotes estiment que les systèmes anticollision sont aussi indispensables à bord des avions de ligne que les avertisseurs de décrochage ou de proximité de sol. Ils insistent sur le fait que le TCAS n'est qu'un garde-fou supplémentaire, qui ne doit en aucun cas se substituer au contrôleur aérien. De plus, ils estiment qu'un tel système n'est véritablement efficace que si les pilotes reçoivent une formation spécifique pour l'utiliser.

De leur côté, les contrôleurs ne tiennent pas à se trouver confrontés à des changements de niveaux de vol intempestifs, qui pourraient provoquer des désordres dans l'espace aérien qu'ils surveillent, voire des accidents qui, sur le plan juridique, pourraient déboucher sur des problèmes de partage de responsabilité particulièrement délicats.

**Aujourd'hui, tous s'accordent cependant pour considérer que la solution à ces conflits potentiels passe par la mise en service de la prochaine génération de système anticollision : le TCAS III, doté d'un dispositif de liaison avec les centres de régulation du trafic aérien.** L'une des solutions préconisées consiste à ce que le contrôleur puisse, en interrogeant un avion donné, recevoir sur son écran radar exactement les mêmes informations que celles qui sont offertes par le TCAS au pilote. Cette solution lui permettrait ainsi d'avoir sur son écran radar, en temps réel, l'image des avions contrôlés par l'un de ses collègues du centre de régulation du trafic qui sont susceptibles de gêner les appareils placés sous sa propre responsabilité.

En attendant de tels développements, l'agence Eurocontrol (qui rassemble les organismes de contrôle aérien européens) mène actuellement une évaluation opérationnelle du TCAS II en coopération avec les services officiels des Etats membres, les compagnies aériennes européennes et la FAA. But : établir des règles standard d'utilisation de ce système anticollision dans le monde entier. Pour l'heure, toutefois, l'installation obligatoire de TCAS II à bord des avions de ligne sous pavillon européen n'est pas à l'ordre du jour, à l'exception, bien entendu, des longs-courriers qui sont amenés à emprunter l'espace aérien des Etats-Unis. ■



# Que s'est-il passé à Tomsk-7 ?



C'est par cette cheminée que s'est échappée dans l'atmosphère la majeure partie des radionucléides issus de l'accident.

PAR JACQUELINE DENIS-LEMPEREUR

Lundi 26 avril 1993. Il neigeait ce jour-là sur Tomsk-7. Un énorme complexe industriel de Sibérie... qui n'existe pas. Du moins sur le plan administratif. Ainsi, le courrier, pour y parvenir, doit être adressé à une boîte postale de Moscou, à 3 000 km de là. Pourquoi tant de mystère ? D'abord, parce que les Soviétiques cultivaient jusqu'à la manie l'art du secret. Ensuite et surtout, parce que Tomsk-7, comme une dizaine d'autres centres fantômes, représentait un maillon essentiel pour la fabrication de la bombe.

**A 12 h 58, ce jour-là, dans l'atelier 15, une réaction chimique s'est emballée** dans une cuve d'acier de 35 m<sup>3</sup> contenant des matières radioactives ; un mélange principalement composé d'uranium, de plutonium et d'acide nitrique, 25 m<sup>3</sup> en tout. Les autorités russes qui ont donné l'information ont précisé que l'atelier fait partie de l'usine de retraitement qui reçoit les combustibles irradiés des réacteurs nucléaires militaires pour en extraire l'uranium 235 et le plutonium 239, matières fissiles dont sont faits les cœurs des armes nucléaires. Le procédé Purex, utilisé ici, est un procédé fran-

**En 1991, *Science & Vie* faisait effectuer des mesures aux alentours de Tomsk-7. Elles révélèrent l'existence d'une grave contamination nucléaire. Récemment, une explosion libérait des matières radioactives et alertait la communauté internationale. Quelles sont les activités de cette ville secrète où les Soviétiques fabriquaient la bombe ?**

çais, le même que celui de l'usine de La Hague, à la pointe du Cotentin. En simplifiant, la première étape consiste à dissoudre dans de l'acide nitrique l'uranium et le plutonium contenus dans les barres de combustible. On obtient une solution renfermant des nitrates d'uranium et de plutonium, mais aussi des produits de fission très radioactifs, comme le strontium 90 ou le césium 137 libérés dans le combustible au moment de la réaction nucléaire dans le cœur des réacteurs. S'y ajoutent, à l'état de traces, des actinides provenant du bombardement des neutrons sur certains constituants du réacteur (par exemple, le zircalloy des gaines de combustibles se transforme en zirconium radioactif). L'étape suivante consiste à séparer ces différents composés. On utilise à cet effet un solvant organique, le tributylphosphate, ou TBP, composé qui a la propriété d'extraire sélectivement les nitrates

suite de la page 117

d'uranium et de plutonium.

Selon les indications distillées parcimonieusement par les autorités russes, et celles recueillies sur place par une délégation de l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA), l'explosion du 26 avril se serait produite au cours de la seconde étape, dans une cuve intermédiaire.

Il existe toutefois un atelier 15 dans l'usine de purification du plutonium, qui comporte également de grands réservoirs remplis de mélanges d'uranium et de plutonium. Simple coïncidence, ou les Russes avaient-ils intérêt à créer une confusion pour détourner l'attention de cette dernière installation plus "sensible" ?

### Comment expliquer l'accident ?

**Nous avons essayé de le reconstituer à partir de la version officielle.** Il est parfois nécessaire

de rajouter de l'acide nitrique au cours du processus d'extraction. Or, des réactions chimiques complexes peuvent se produire entre l'acide nitrique et certains produits organiques présents dans la solution – dont les Russes n'ont pas voulu donner la composition – et provenant sans doute des solvants ou de diluants. A partir de certaines concentrations, il faut notamment éviter que se forme à la surface des réservoirs une pellicule organique qui empêcherait le gaz de s'échapper par la vanne prévue à cet effet. Pour cela, on insuffle de l'air comprimé dans le mélange pour le brasser.

Dans le cas présent, il semblerait que l'opérateur, pour gagner du temps, ait accéléré le processus en versant trop vite l'acide nitrique, et que le système d'arrivée d'air comprimé n'ait malencontreusement pas fonctionné. Du coup, une pellicule organique s'est formée, emprisonnant momentanément les gaz qui n'ont pas tardé à s'échapper avec force sous l'effet de la surpression. La vanne d'évacuation des gaz n'a-t-elle pas fonctionné non plus, ou n'a-t-elle pas suffi ? En tout cas, un mélange de gaz particulièrement corrosifs a envahi le local, déclenchant un court-circuit électrique qui a mis le feu à ce mélange inflammable et explosif.

L'explosion a été suffisamment violente (17 bars) pour souffler une partie du toit du bâtiment et l'un des murs de la pièce, l'onde de choc parcourant un couloir de 100 m avant de pulvériser un mur en briques situé à l'autre bout.

Selon les experts de l'Institut de protection et de sûreté nucléaire français (IPSN) que nous avons interrogés, l'explication est plausible, mais il reste encore beaucoup de points obscurs.

En ce qui concerne les rejets de radionucléides, la majeure partie d'entre eux est passée à travers le système de ventilation de l'atelier avant

de rejoindre l'atmosphère par la cheminée d'évacuation haute de 150 m. Ce qui explique la propagation sur une superficie qui, d'ailleurs, n'a cessé de s'agrandir au fil des déclarations : 35 km<sup>2</sup>, puis 120, et enfin 200 !

Le contenu de la cuve accidentée ne s'est pas échappé en totalité. Le réservoir contenait initialement 8 773 kg d'uranium, 310 g de plutonium, de faibles quantités d'actinides et des traces de produits de fission. Soit une activité totale de 559,3 curies. Dans ce type de mixture, ce sont généralement les produits de fission, très radioactifs, qui posent le plus de problèmes. Là, ils avaient déjà été extraits au cours d'une étape antérieure et, de toute façon, le combustible traité, de qualité militaire, en contient beaucoup moins qu'un combustible provenant d'une centrale civile, car il séjourne moins longtemps dans le réacteur.



D'après ce qui restait dans la cuve (à en croire les autorités russes), on a évalué à 40 curies ce qui s'est échappé à Tomsk-7. Pour donner un ordre de grandeur, à Tchernobyl, ce sont 25 à 50 millions de curies qui sont parties dans l'atmosphère... On peut se demander pourquoi, dans ces conditions, les Russes envisagent de construire sur les lieux de l'accident un mini-sarcophage de confinement. Et pourquoi ils ont évacué tous les enfants pour une période de deux mois, sans même, dans certains cas, consulter les parents. Il subsiste encore beaucoup d'interrogations. Ce n'est certes pas le taux de radiation ambiant qui permettra de juger de la gravité de l'événement, étant donné la contamination chronique qui règne dans ces lieux.

Pour mieux comprendre ce qu'il s'y passe, il faut faire le tour de ce gigantesque complexe, dont la création remonte à 1954. Situé à une quinzaine de kilomètres au nord-ouest de la ville de Tomsk, le "combinat chimique sibérien" (*Sibkhimkom-*



binat) de Tomsk-7, entouré d'une double rangée de barbelés, s'étend sur plus de 20 000 hectares. Il possède sa propre ville, Seversk, secrète également puisqu'elle ne figure sur aucune carte. Là sont logés les ingénieurs, les techniciens, les ouvriers et leurs familles, 107 000 personnes en tout. Tomsk-7 regroupe toutes sortes d'installations liées principalement à la fabrication de la bombe. Des réacteurs plutonigènes, une usine de retraitement des combustibles usés, des ateliers pour manipuler le plutonium, le purifier et fabriquer des cœurs nucléaires destinés aux armes. Et, bien sûr, des installations de stockage pour les matières fissiles (plutonium et uranium) et les montagnes de déchets qui ont été produits en une trentaine d'années. En tout, 127 000 tonnes de déchets solides radioactifs, et environ 33 millions de m<sup>3</sup> de liquides. Il y a également une usine d'enrichisse-

puissances des réacteurs civils, mais c'est largement suffisant pour produire du plutonium militaire). On sait qu'ils comportent des fuites, et que le taux de corrosion des métaux y est important, grâce aux mesures que nous avons fait effectuer en 1991 dans la rivière Tom, à quelques kilomètres de là (voir *Science & Vie* n° 881). C'est là qu'aboutissent les eaux de refroidissement de la centrale, drainées par un canal de dérivation.

Toute la région, en fait, est contaminée par les rejets des différentes installations de Tomsk-7, qui sont déversés sans précautions. Certains ont même été injectés directement dans le sous-sol ! Il y en a aussi dans des réservoirs à ciel ouvert. Pas étonnant qu'à plus de 2 km des réacteurs, on trouvait déjà avant l'accident des taux d'irradiation faramineux : 300 microrads/heure dans l'air et 400 microrads/heure dans l'eau du canal, au lieu

## Tomsk-7 sème la contamination nucléaire sur 200 km à la ronde

**Autour de ce combinat sibérien, voisin de la ville du même nom, on mesurait déjà avant l'accident des taux d'irradiation trente fois supérieurs aux niveaux naturels.**



Sputnik Press

ment, où la France a l'habitude d'envoyer depuis 1974 l'uranium recyclé qui sort de l'usine de La Hague. C'était notamment le lieu de destination des fûts d'hexafluorure d'uranium qui ont coulé avec le *Mont-Louis* en 1985 (1).

### Les deux réacteurs qui fonctionnent encore sur le site seraient en piteux état.

Ce sont des réacteurs du même type que celui de Tchernobyl, mais de plus petite taille. Très récemment encore, on ignorait jusqu'à leur existence. La "centrale atomique sibérienne" a pourtant compté cinq réacteurs, dont deux ont été arrêtés en 1991 et un troisième en 1992. Le démarrage du premier réacteur remonte à 1958, immédiatement suivi par un deuxième l'année suivante et ainsi de suite chaque année, pour en arriver à cinq. L'évaluation de leur puissance repose sur des réductions. Plus de 600 mégawatts-électriques en tout (ce n'est pas impressionnant comparé aux

de 10 à 20 microrads/heure – taux naturel à l'extérieur de cette région. Tout le gibier est contaminé et contamine à son tour les chasseurs. Ainsi, en 1990, 38 personnes se sont révélées avoir dans le corps des niveaux de substances radioactives plus élevés que la norme autorisée ; sept d'entre elles durent d'ailleurs être hospitalisées.

Dernière vocation de Tomsk-7 : le stockage du plutonium et de l'uranium hautement enrichis qui doivent être récupérés à l'issue du démantèlement des armes nucléaires russes (voir *Science & Vie* n° 907, p. 96). La population de Cheliabinsk-65, un autre centre atomique secret, gravement contaminé lui aussi, s'est mobilisée pour refuser la construction d'un centre de stockage de 20 000 m<sup>3</sup> destiné aux matières fissiles des armes. Si bien que la deuxième installation similaire, prévue à Tomsk-7, a vu sa surface portée à 50 000 m<sup>2</sup>. Après le dernier accident, on peut supposer que la population ne déborde pas d'enthousiasme envers le projet. ■

(1) Les Français préfèrent faire réenrichir en Russie l'uranium récupéré à La Hague après retraitement, qui contient encore des impuretés, afin de ne pas contaminer l'usine Eurodif qui reçoit de l'uranium "neuf" issu des mines.

# Cette disquette en vaut quinze

**Sous un format inchangé,  
les nouvelles disquettes  
de 3M ont une capacité de  
21 Mo, contre 1,44 pour  
celles que nous utilisons sur  
nos ordinateurs. Le secret :  
un appareil d'enregistrement-  
lecture à guidage laser.**

PAR HENRI-PIERRE PENEL

Dès qu'il s'agit de gérer des fichiers de données importants (traitement d'images, infographie, où il est courant de manier des fichiers dépassant les 18 mégaoctets), l'utilisateur d'un Mac ou d'un PC doit multiplier le nombre de ses disquettes. Au total, en raison de leur faible capacité, celles-ci sont loin d'être le support le mieux adapté. D'où l'intérêt du Floptical, qui permet de stocker jusqu'à 21 mégaoctets sur une disquette de format courant. Les nouvelles disquettes elles-mêmes devraient, au départ du moins, être nettement plus chères : actuellement, 3M les propose au prix de 158 F HT pièce (contre une vingtaine de francs pour une disquette courante). Néanmoins, calculé au kilo-octet stocké, et malgré le prix du lecteur spécifique indispensable (3 000 F), le Floptical se révèle le support le moins cher.

Qu'est-ce qu'une disquette ? Un petit disque de polyester sur lequel est déposée, sur les deux faces, une substance localement magnétisable. Le plus souvent, il s'agit d'oxyde ferrique ou d'une fine couche de métal vaporisé sous vide. Exactement les mêmes matériaux que ceux utilisés sur les cassettes de nos baladeurs. Les procédés d'enregistrement et de lecture sont également identiques. La tête est composée d'un électro-aimant qui, à l'en-

registrement, vient magnétiser l'oxyde. A la lecture, en raison du déplacement du support, la tête "voit" les aimants défilier devant elle ; cela donne naissance dans sa bobine, comme dans la dynamo d'une bicyclette, à un courant électrique identique à celui de l'enregistrement. Lequel courant permet de restituer l'information enregistrée.

Différence entre cassette et disquette : le suivi de piste par la tête. Dans la cassette, les pistes étant parallèles aux bords de la bande, deux guides mécaniques fixes suffisent pour les maintenir face à la tête de lecture. Sur une disquette, en revanche, les pistes sont disposées en cercles concentriques et donc à une distance variable par rapport à la périphérie du disque. Ici, le suivi de piste est assuré par un dispositif d'asservissement électronique de





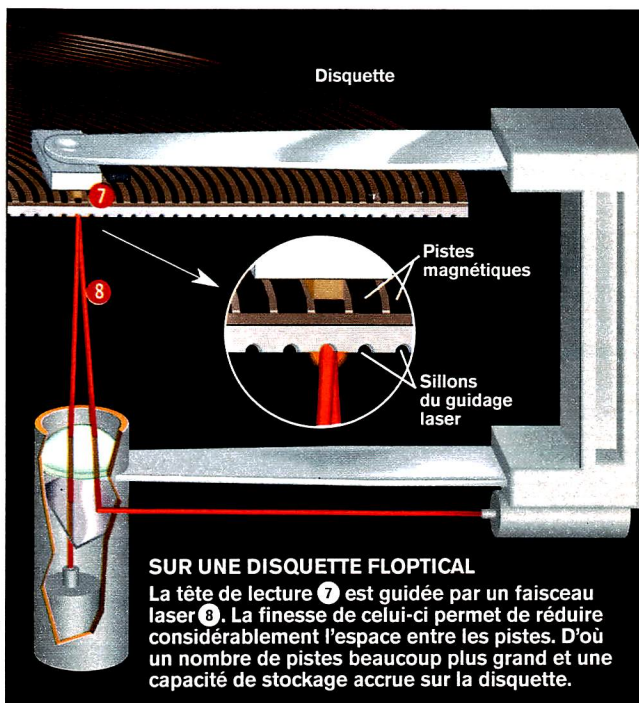
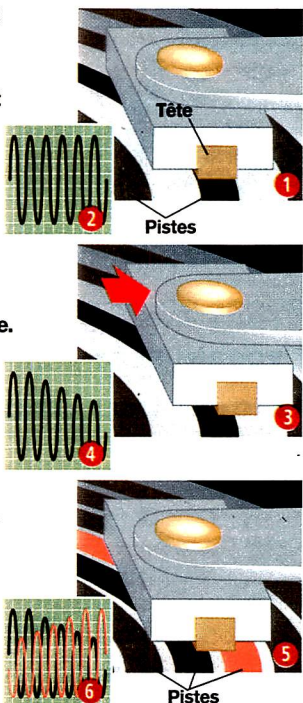
## Des pistes plus serrées grâce au guidage laser

### SUR UNE DISQUETTE CLASSIQUE

Lorsque la tête de lecture est exactement sur la piste ①, le signal est maximal ②.

Dès que la tête s'écarte ③, le signal faiblit ④. Le dispositif de guidage recentre alors la tête sur la piste.

Si l'on fabriquait des pistes plus serrées ⑤, l'affaiblissement du signal lorsque la tête s'écarte d'une piste serait alors annulé par le renforcement du signal de la piste voisine ⑥. Et le dispositif de guidage ne pourrait pas fonctionner.



O. Bradbury/JSI

la tête. Le signal capté par celle-ci est analysé en permanence : dès qu'il faiblit, c'est-à-dire dès que la tête s'écarte de la piste en cours de lecture, une correction de position est appliquée. Cela exige quand même un espace minimum entre chaque piste. Sinon, la tête est tentée de lire deux pistes en même temps et se met à sautiller allègrement d'une piste à l'autre. C'est essentiellement à cause de ce problème de guidage que nos disquettes de 3,5 pouces, pour rester parfaitement fiables, plafonnent à une capacité de 1,44 mégaoctet.

Grâce au guidage laser, le Floptical fait sauter ce barrage. Le disque ne comporte de revêtement magnétique que sur une face, et le procédé d'enregistrement et de lecture des données est identique à celui utilisé pour les disquettes conventionnelles. Sur l'autre face, sous chaque piste de la face magnétique, on grave à la fabrication un "sillon" réservé au guidage optique par une tête laser solidaire de la tête magnétique. Cette dernière n'a plus alors à se soucier du contrôle de sa position.

Cette solution permet de réduire fortement l'espace séparant deux pistes adjacentes. Ainsi, il est possible de passer d'une densité de 53 pistes/cm, sur une disquette haute densité, à une densité de 492 pistes par centimètre. Soit

environ 755 pistes pour le Floptical, contre 80 pour nos disquettes actuelles.

De plus, grâce à l'utilisation de particules d'oxyde plus fines pour le revêtement de la face magnétique, il est possible d'accroître la densité d'informations enregistrées. C'est-à-dire que, sur une même piste, les données sont plus "serrées". Leur densité passe de 3 kilobits à 14 kilobits par centimètre. Au total, la capacité de stockage du Floptical se trouve donc portée à 21 mégaoctets, soit pratiquement quinze fois celle d'une disquette HD actuelle, pour des dimensions identiques.

Notons que cette conservation de format est extrêmement intéressante. En effet, mécaniquement proches des appareils existants, les lecteurs de Floptical seront parfaitement en mesure de lire les disquettes actuelles. Cela leur confère donc une "compatibilité ascendante" ; les archives, par exemple, restent directement exploitables.

Le Floptical est particulièrement bien adapté à la sauvegarde de disques durs en vue d'archivage. Enfin, grâce à une vitesse de transfert des données quatre fois plus élevée que celle des disquettes habituelles, le Floptical peut venir seconder un disque dur un peu limité en capacité, en hébergeant les applications ou les fichiers les moins fréquemment utilisés.

# Superpuces, superbluff

**Alpha, Pentium et compagnie : les nouveaux super-microprocesseurs vont changer notre vie en mettant la reconnaissance vocale et le traitement de l'image vidéo à la portée de tous, nous dit-on. Hum !**

PAR EDOUARD LAUNET

«**U**n composant qui va bouleverser nos habitudes quotidiennes.» «Une puce qui va métamorphoser les ordinateurs personnels en véritables petites Formule 1, et les rendre capables de jongler avec l'image vidéo.» «Un microprocesseur qui va permettre aux ordinateurs de reconnaître la voix humaine et l'écriture manuscrite»... Petit échantillon des commentaires enthousiastes suscités en mars dernier par l'annonce du nouveau microprocesseur (alias l'"ordinateur sur une puce") de l'américain Intel. Baptisé Pentium, ce circuit intégré sera le moteur de la prochaine génération d'ordinateurs personnels. Un an plus tôt, Alpha, le microprocesseur "révolutionnaire" de Digital Equipment, avait déjà été accueilli en des termes à peu près identiques.

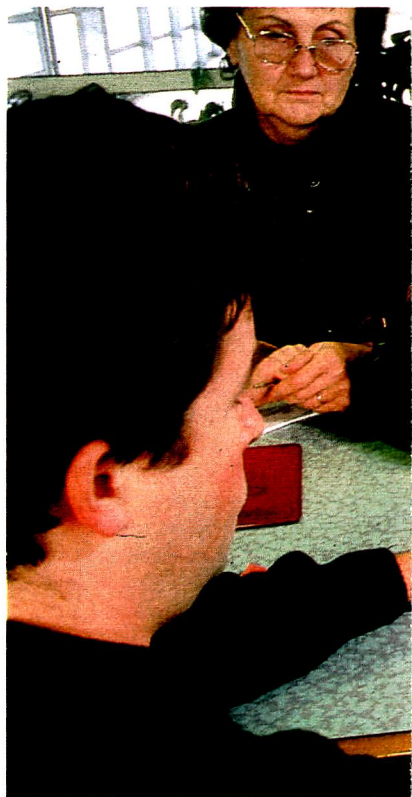
**Ces commentaires, hélas, sont à peu près dépourvus de sens.** La reconnaissance de la parole et de l'écriture ? Les ordinateurs les plus puissants en restent aujourd'hui incapables, tant la tâche est complexe. Certains scientifiques doutent même qu'ils le soient jamais. Les quelques applications existantes ne doivent pas faire illusion : l'ordinateur ne reconnaît la voix ou l'écriture manuscrite que dans des conditions très particulières (vocabulaire limité, apprentissage préalable, etc.), et avec des taux de succès très variables.

La maîtrise de la vidéo sur les ordinateurs personnels ? Elle relève d'une autre problématique, où la puissance des processeurs n'a plus, aujourd'hui, qu'un rôle secondaire. Plus de trois ans



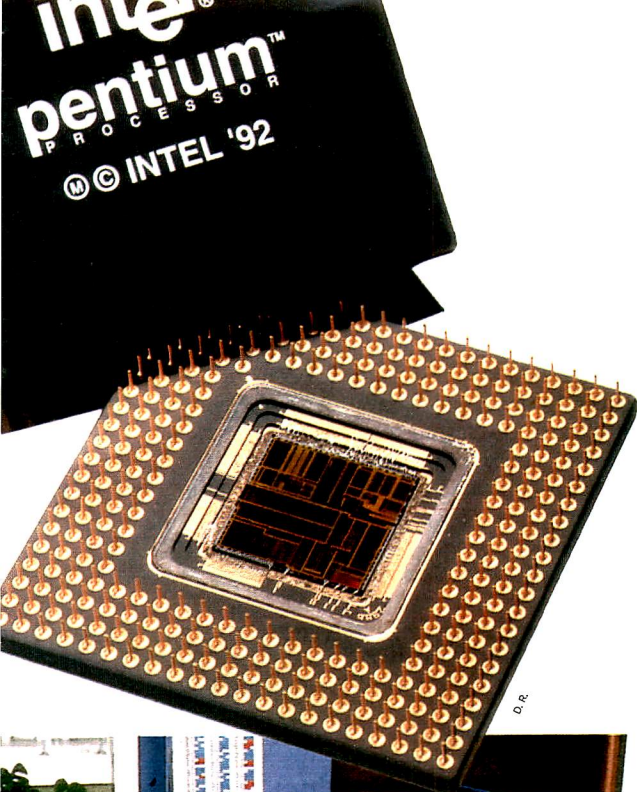
## **Dr Jekyll et Mr Hyde**

Côté pile, le super-microprocesseur d'Intel qui roule ses mécaniques et ses Mips (millions d'instructions par seconde). Côté face, des grands systèmes informatiques (ici, le logiciel de réservation Socrate de la SNCF) bien mal conçus. L'ordinateur promet beaucoup, mais ne tient pas toujours.



avant l'avènement du Pentium, Intel avait déjà mis l'image animée à la portée des micros avec sa technologie *Digital Video Interactive* (DVI). Ce système de gestion et de compression des images numériques (réduction du volume des données nécessaires à leur stockage) avait été mis au point à la fin des années quatre-vingts aux laboratoires





Sarnoff, de Princeton (alors filiale de General Electric). Intel l'a racheté et amélioré, espérant ainsi prendre une longueur d'avance dans le domaine de l'informatique multimédia (mêlant textes, sons, graphiques et images animées). Mais la technologie DVI, pourtant excellente, n'a jamais réussi à décoller. Car les progrès de la

compression des images numériques sont aujourd'hui si rapides que tout système multimédia est dépassé avant même d'être mis sur le marché. Du coup, aucun standard n'a le temps de s'imposer, les développeurs de logiciels hésitant à s'investir sur des machines à l'avenir incertain. Ainsi, l'avènement de la vidéo sur PC ne se joue plus tant dans les laboratoires de microélectronique que dans les comités internationaux de normalisation, où de savants experts tentent de définir un cadre commun pour tous les acteurs du multimédia.

Les performances de cette nouvelle génération de microprocesseurs ont, certes, de quoi impressionner. Le Pentium réunit plus de trois millions de transistors sur quelques millimètres carrés de silicium. Cela le rend capable de traiter 112 millions d'instructions par seconde (112 Mips). Le microprocesseur Alpha, selon Digital Equipment, fait mieux encore, avec 200 Mips.

#### **Quelles sont les véritables raisons de cette surenchère ?**

Intel, qui a inventé le microprocesseur en 1971, réalise aujourd'hui plus de la moitié de son chiffre d'affaires avec ce type de puce. Les trois quarts des 100 millions d'ordinateurs personnels installés sur la planète sont équipés de microprocesseurs de sa célèbre famille 80 x 86. Mais l'électronicien américain doit faire face à la menace d'"imitateurs", comme les sociétés AMD ou Cyrix qui, en vendant à bas prix des clones de ses composants quelques mois après leur introduction, l'obligent à commercialiser une nouvelle génération de microprocesseurs tous les deux à trois ans (le successeur du Pentium pourrait être sur le marché vers la fin de l'année prochaine). Au grand bonheur des constructeurs de PC, d'ailleurs, qui peuvent ainsi renouveler leurs gammes à cadence accélérée.

Intel doit aussi contenir les attaques des fabricants de microprocesseurs à architecture Risc (à jeu d'instructions réduit), réputés plus performants. L'Alpha de Digital Equipment est du nombre. En réduisant le nombre de leurs commandes internes (le jeu d'instructions) et en simplifiant leur architecture, la technique Risc permet d'accroître la puissance des microprocesseurs et de réduire leur complexité. Or, Intel ne peut pas remettre complètement en cause l'architecture de ses puces. Il est obligé de maintenir une certaine compatibilité entre ses générations successives de microprocesseurs, afin que les nouveaux PC puissent exploiter les logiciels conçus pour les modèles précédents. Sa seule option : accroître la vitesse de calcul, encore et encore.

De leur côté, les tenants du Risc (Digital Equip- ▶



suite de la page 123

ment, IBM, Sun, Hewlett-Packard, etc.) cherchent aujourd'hui à fédérer autour de leurs architectures maison un nombre maximum de partenaires – constructeurs d'ordinateurs, sociétés de logiciels, électroniciens.

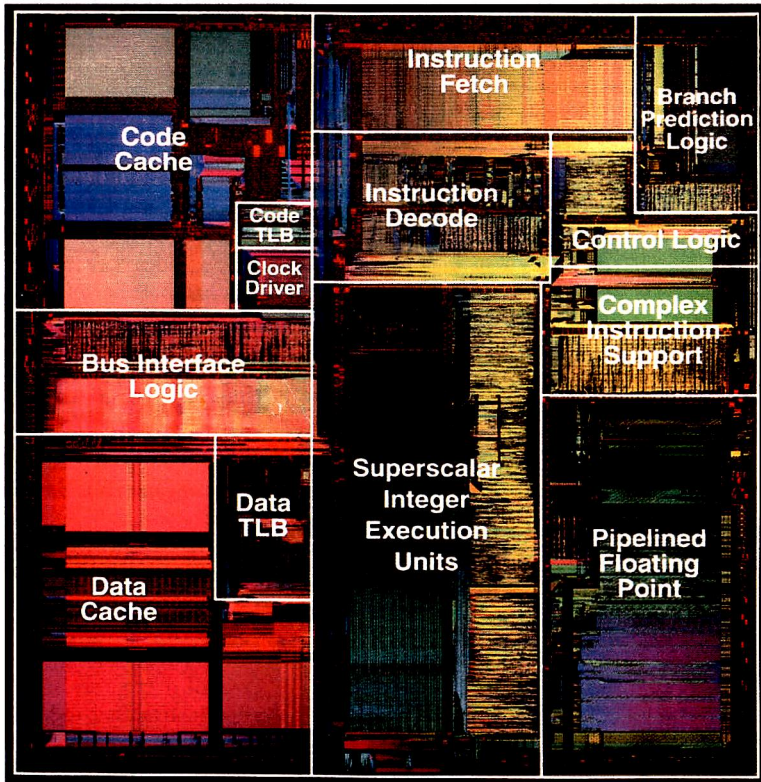
L'informatique va mal, et les rangs se resserrent. Les industriels de l'informatique doivent donc choisir leur camp, c'est-à-dire se rallier à l'un ou à l'autre des nombreux microprocesseurs Risc récemment annoncés. Plus la puce sera puissante, plus le "club" correspondant aura de chances d'étoffer ses rangs.

Cette course à la puissance ne résulte donc pas tant d'une demande de la clientèle – qui a déjà fort à faire pour tirer pleinement parti de la

gresser. Comme en témoignent plusieurs flops informatiques retentissants : les déboires des usagers et du personnel de la SNCF face à un système informatique mal conçu, le fameux logiciel Socrate. Le "krach" informatique que vient de connaître la Bourse de Londres, avec l'abandon pur et simple du projet d'informatisation totale du Stock Exchange – baptisé *Taurus* – après quinze ans de travail et plus de 3 milliards de francs d'investissements... Abandonné aussi l'ambitieux projet français d'informatisation des tribunaux (d'un coût total supérieur à 2 milliards de francs), dont le bilan est jugé «catastrophique» trois ans après son lancement. On pourrait multiplier les exemples.

## Au cœur du Pentium

En 1971, le premier "ordinateur sur une puce" – l'Intel 4004 – contenait 2 300 transistors. Le nouveau microprocesseur d'Intel (ci-contre) en aligne plus de trois millions.



puissance disponible – que d'une fuite en avant. Fuite habilement "vendue" comme une conquête de nouveaux horizons technologiques qui, naturellement, reculent au fur et à mesure qu'on s'en approche.

Ce bluff technologique fausse notre vision des capacités de l'informatique en prêtant plus à l'ordinateur que celui-ci ne peut tenir.

De surcroît, ce discours fait du "hard" la clé d'une informatique plus performante, alors que c'est du côté du "soft" qu'il est urgent de pro-

Origine commune de ces Tchernobyl de l'informatique : un travail insuffisant au niveau des spécifications (le "cahier des charges") et du test des logiciels. C'est-à-dire une trop faible attention portée aux besoins des utilisateurs. La quête de la puissance informatique est devenue une fin en soi, et l'on a oublié cette règle d'or : une bonne informatique n'est pas une informatique puissante, mais une informatique qui répond à de vrais besoins, et, surtout, qui y répond de manière satisfaisante.



# Qui a inventé la photo couleur ?

**Les 4, 5 et 6 juin, les Français sont invités à participer à la fête de la photographie : Photofolie ! C'est par centaines de milliers que, ces jours-là, des images seront prises, exposées ou projetées. Parfois en noir et blanc, souvent en couleurs. Mais combien de personnes savent qu'il y a moins d'un siècle, la photo couleur se teintait encore à la main ?**



PAR ROGER BELLONE

**R**evenons donc cent ans en arrière. En 1893, un Irlandais, John Joly, applique un réseau de lignes trichrome (orangé, vert et bleu) sur une émulsion photographique noir et blanc, réalisant ainsi la première plaque pour la photo en couleurs (voir photo ci-dessus et encadré p. 126). Mais la commercialisation de son invention n'aboutit que quinze ans plus tard, après que les frères Lumière aient eu l'idée, en 1904, de remplacer le réseau par une mosaïque constituée de grains de fécule de pomme de terre, teints en orangé, vert et bleu-violet. Ainsi naît la



**Cent ans séparent ces deux photos. Aux tons pastels du perroquet de Joly a succédé la vivacité des couleurs.**

A. Becker/The Image Bank

plaque autochrome Lumière. Entre-temps, une usine a été érigée à Lyon. Des presses d'une extraordinaire précision y sont capables de laminer une seule couche de grains colorés, sur une plaque de verre, avec une pression de 5 t/cm<sup>2</sup>. Sur ce réseau est ensuite coulée une émulsion photographique noir et blanc. L'autochrome est le premier procédé de photo- ▶

*suite de la page 125*

graphie automatique des couleurs, c'est-à-dire capable de donner une image par exposition d'une seule plaque dans un appareil de prise de vue. Il connaît un succès considérable durant une trentaine d'années. On pourrait en déduire que la photographie en couleurs fut inventée avec lui.

Pourtant, le 8 mai 1869, la Société française de photographie avait présenté les inventions de Louis Ducos du Hauron et de Charles Cros, qui reposaient sur un même procédé. Toutefois, Ducos du Hauron avait breveté son procédé le 23 novembre 1868, et l'avait expérimenté et décrit dans *Le Gers*, journal de son département ; tandis que Charles Cros, bien qu'il eût envoyé sous pli cacheté à l'Académie des sciences, le 2 décembre 1867, les théories de son procédé, avait reculé, de son propre aveu, «devant la grande dépense de temps et de mouvement» qu'eût entraîné la réalisation de son idée.

Finalement, l'invention fut attribuée officiellement aux deux hommes. Elle consiste à faire trois clichés noir et blanc d'un même sujet, respectivement à travers un filtre rouge, un filtre vert et un filtre bleu. Trois positifs en sont tirés et chacun d'eux est teinté à la main, en couleur complémentaire : l'image du bleu en jaune, l'image du rouge en cyan et l'image du vert en magenta. Puis ces trois monochromes sont rigoureusement superposés pour donner une photo en couleurs (voir photo page ci-contre). Celle-ci ressemble alors à nos films modernes à trois couches qui, par transparence (diapositive) ou par réflexion (épreuve papier), reproduisent toutes les couleurs.

Ouvrons ici une parenthèse pour indiquer que, dans sa publication, Louis Ducos du Hauron décrivait aussi un procédé à réseau trichrome. Il ne s'agissait cette fois que d'une description théorique. Il fallut, on l'a vu, attendre 1893 pour passer aux réalisations pratiques. Donc, en 1869 et durant plus de trente ans, seul le procédé des trois couches fut utilisé. Il donnait de bons résultats et les louanges adressées aux inventeurs furent nombreuses. Mais pas unanimes. Aux yeux de bien des scientifiques, en effet, le principe de la trichromie n'était pas satisfaisant, car il ne reproduisait qu'indirectement toutes les couleurs, par le biais de trois d'entre elles seulement.

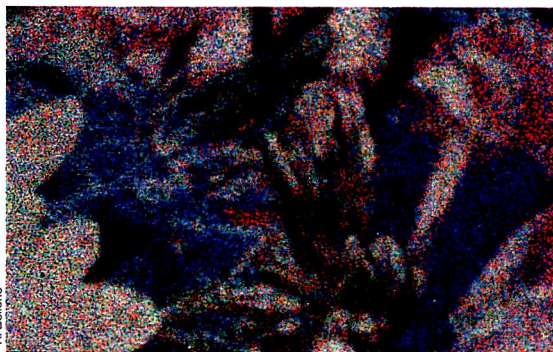
Et puis, dans ce rejet plus ou moins discret des travaux de Ducos du Hauron et de Charles Cros, il y avait aussi un peu de mépris envers des inventeurs qui n'appartenaient pas à la communauté scientifique. Louis Ducos du Hauron était en effet musicologue et astronome à ses heures, et inventeur d'un appareil de cinéma et des anaglyphes (photos en relief). Charles Cros, poète et humoriste, était un habitué des cafés et cercles littéraires. Et

## LES DEUX PROCÉDES DE SYNTHÈSE DES COULEURS

### UNE MOSAÏQUE TRICHROME SUR UNE EMULSION NOIR ET BLANC

C'est la juxtaposition de filtres rouges, bleus et verts qui constitue cette mosaïque. Ainsi, à la prise de vue, la lumière rouge diffusée par un sujet rouge est donc arrêtée par les filtres bleus et verts, mais traverse les filtres rouges. Au-dessous de ces derniers, l'émulsion est impressionnée et, après développement, donne du noir (argent métal). Dans la phase suivante (inversion), cet argent est dissous et les halogénures d'argent non exposés sous les filtres bleus et

pés : ils donnent à leur tour du noir. Ce film développé, observé en lumière blanche, permet donc de voir le rouge à travers les filtres rouges, les filtres bleus et verts n'étant pas traversés par la lumière. Le processus est identique pour les autres couleurs. A la distance d'examen du film, l'œil ne distingue pas cette mosaïque de filtres colorés, car son pouvoir séparateur n'est pas suffisant. Ce procédé (l'autochrome) élaboré par Joly n'est plus utilisé que pour le Polachrome de Polaroid.



R. Bellone

**Le grossissement de cet autochrome des années trente permet de distinguer les grains colorés de fécule de pomme de terre qui forment la mosaïque.**

cela ne lui attirait guère de sympathies, même s'il était l'auteur de plusieurs découvertes comme celle du phonographe dont il eut l'idée avant Edison. C'est dans ces circonstances qu'en 1891 Gabriel Lippmann, physicien, académicien, membre de l'Institut, présente à l'Académie des sciences un procédé de reproduction directe des couleurs par une méthode dite interférencielle. Une émulsion





En marge de cette photo, réalisée selon le procédé de Louis Ducos du Hauron, on distingue le bord des trois couches monochromes, magenta, cyan et jaune.

## TROIS EMULSIONS MONOCHROMES SUPERPOSEES

Les trois couches du film sont sensibles respectivement au bleu, au vert et au rouge. A la prise de vue, chaque couleur du sujet expose la couche qui lui correspond : couche sensible au bleu pour le sujet bleu, au vert pour le sujet vert et au rouge pour le sujet rouge. L'image ainsi formée dans ces couches est dissoute, puis l'image complémentaire, constituée d'halogénures d'argent non exposés, est voilée, développée et colorée :

en jaune pour la couche sensible au bleu, en magenta pour celle sensible au vert et en cyan pour celle sensible au rouge. En faisant traverser le film développé par de la lumière blanche, chaque couche colorée laisse passer les radiations de sa couleur et arrête celles des couleurs complémentaires. Les couleurs sont ainsi reconstituées. C'est le procédé Kodachrome. Avant son invention, on devait réaliser un cliché par couleur.

transparente en contact avec un bain de mercure est traversée par la lumière, dont on sait qu'elle est constituée d'une multitude de rayons de longueurs d'onde différentes définissant les couleurs. Chaque rayon atteint ainsi le miroir formé par la surface de mercure et y est réfléchi. Rayons incident et réfléchi se contrarient donc. Et, comme dans un jet d'eau vertical, l'eau qui re-

tombe sur le jet le contrarie et limite sa hauteur, la rayon lumineux réfléchi se stabilise à une distance du mercure qui dépend de sa longueur d'onde (il se produit une onde stationnaire). L'émulsion est donc impressionnée à des profondeurs différentes selon les longueurs d'onde de la lumière, donc selon les couleurs. Il s'y forme ainsi, après le développement, un microscopique relief ayant l'aspect des courbes de niveau d'une carte ; ce sont des franges d'interférence. Si la plaque est regardée sous un certain angle, en lumière blanche, l'image des couleurs apparaît. Remarquable invention qui vaudra le prix Nobel à son auteur en 1908, la photo interférencielle avait tout de même deux inconvénients : d'une part, nous venons de le voir, l'image ne pouvait être observée que sous un certain angle, d'autre part, elle n'était pas reproductible. Aussi n'eut-elle jamais de débouchés pratiques.

## Aujourd'hui, où en est-on ? C'est l'invention de Louis Ducos du Hauron et de Charles Cros qui a donné naissance à nos films couleurs.

Tout d'abord au Kodachrome, lancé aux Etats-Unis en 1935. Une fois de plus, l'invention n'a pas été faite par un scientifique, mais par deux musiciens, Léopold D. Mannès et Léopold Godowski, chercheurs à leurs heures. Cette émulsion était et reste un procédé original dans lequel des coupleurs (substances formant des colorants) sont incorporés aux bains de traitement. Ainsi, au développement, ces coupleurs colorent une couche en jaune, une en magenta et l'autre en cyan.

Puis ce fut, en 1936, l'Agfacolor, lancé en Allemagne. Cette fois, les coupleurs sont incorporés aux couches du film vierge. Un procédé qui sera repris par toutes les émulsions d'après-guerre.

L'avantage considérable de ces films tricolores réside dans leur finesse et leur luminosité, deux qualités dont était privé l'autochrome Lumière, à cause de sa mosaïque de filtres colorés. C'est pourquoi les procédés à réseau ont disparu après 1945. Un seul subsiste aujourd'hui, le Polachrome de Polaroid, conçu pour donner des diapositives instantanées. En revanche, le principe de ces films a donné naissance à la télévision en couleurs. Il suffit de regarder à la loupe l'écran pour voir qu'il est constitué d'une mosaïque de points rouges, verts et bleus.

Enfin, si le troisième procédé évoqué ici, la photo interférencielle de Gabriel Lippmann, n'a pas connu d'application, elle a tout de même contribué à la naissance d'une autre technologie, l'holographie. Celle-ci, on le sait, revient à imprimer dans l'épaisseur même de la gélatine photographique les ondes lumineuses produites par un laser et caractérisant une image en relief.



# carrefour de L'INNOVATION

PAPETERIE

## Rien que du plastique !

**«Baguette cylindrique formée d'une mine de graphite contenue dans une gaine en bois» : les dictionnaires devront revoir leur définition du mot crayon.** La firme française Conté vient en effet de mettre sur le marché Evolution, un crayon (noir ou couleur) sans la moindre trace de bois ni de graphite : il est entièrement en plastique, mine comprise. Le piquant de la chose est que c'est Nicolas-Jacques Conté qui, il y a près de deux cents ans, avait inventé les premiers crayons graphite modernes...

A peine sorti d'usine, ce nouveau produit est déjà une vedette : lors du dernier Salon international de la papeterie (SIPPA), il a été consacré "produit de l'année" par les dix-sept représentants des revues professionnelles de la papeterie et des fournitures de bureau des cinq continents.

Jalouse de son secret de fabrication et de son avance technologique, Conté n'est pas très bavard sur la composition d'Evolution. «Top secret», nous dit-on. On sait seulement que le crayon qui, extérieurement, ressemble à n'importe quel autre crayon, avec seulement un "éclat", un brillant en plus, est fabriqué en une seule opération par l'association de quatre couches de matières parfaitement liées entre elles, des résines de synthèse, sans PVC, choisies dans la même famille de matériaux (probablement celle des polystyrènes-métacrilates). La mine, traitée avec des pigments et entourée d'une gaine protectrice, résiste à la pression et ne casse pas en cas de chute du crayon. Cette résistance constitue sans doute l'avantage essentiel d'Evolution sur les autres crayons. Elle permet



Ils ont la couleur et la forme de nos crayons d'écolier ...

également de tracer une ligne sur quatre kilomètres d'affilée, soit 20 % de plus que les crayons "normaux". Et on peut mordiller sans fin son crayon, il n'en restera aucune trace (mais est-ce vraiment un avantage que de supprimer ce petit plaisir ?). Malgré sa dureté, Evolution se taille aussi facilement que n'importe quel autre crayon, en produisant de beaux copeaux en forme de petite fleur.

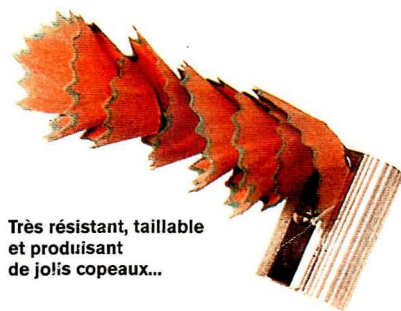
**Autre atout, la sécurité :** quand on le brise, le crayon casse net, sans échardes dangereuses. A l'actif encore d'Evolution : il limite la déforestation (les crayons haut de gamme utilisent le très coûteux cèdre de Californie, qui représente jusqu'à 50 % de leur prix), sa fabrication ne consomme pas de substances classées inflammables

(les vernis, par exemple), produit très peu de déchets, ne nuit en rien à l'environnement et consomme moins d'énergie.

Le crayon Evolution est disponible à des prix comparables à ceux des crayons traditionnels de marque : autour de 1,60 F le crayon noir, 1,80 F le crayon couleur, selon les conditionnements. Conté produit 700 000 crayons Evolution par jour ; l'activité crayons représente environ 25 % du chiffre d'affaires de la société (474 millions de francs), et 35 % de ces crayons sont exportés.

**Evolution ne pouvait se permettre d'être cher**, car il avait aussi pour mission de sauvegarder la société contre la concurrence de producteurs pratiquant le *dumping* comme la Chine, les pays du Sud-Est asiatique ou le Brésil qui, depuis quelques années, a fait chuter le prix des crayons. «Le crayon bas de gamme (fait avec du bois de Jettulong, que l'on trouve en Indonésie ou en Malaisie) est même parfois vendu moins cher que le prix de la matière première arrivée en France», constate Yves Ducrocq, directeur général de Conté.

Devant cette concurrence sauvage, qui aurait bientôt visé le haut de gamme, la société avait le choix entre la délocalisation de sa production – avec le risque d'une perte de son savoir-faire –, ou la présentation d'une innovation véritablement marquante, laissant radicalement la concurrence loin derrière. On voit de quel côté a penché la balance.



Très résistant, taillable et produisant de jolis copeaux...



MICRO-INFORMATIQUE

## La formation en kits vidéo

**Comment apprendre à manier les logiciels Word, Excel, Windows ou le MS DOS, pour 285 F et en à peine une heure ?** SVM-Formation propose une formule originale de kits vidéo.

Ces kits sont composés d'un cours sur cassette VHS SECAM (PAL pour l'étranger) d'une heure environ ; d'une disquette pour Macintosh ou PC contenant les exercices traités dans le cours et, éventuellement, le logiciel étudié en version de démonstration ; enfin, d'un aide-mémoire, synthèse des princi-

pales fonctions étudiées, avec le plan détaillé du cours.

Grâce au système télévisuel, l'utilisateur a une vue d'ensemble et peut apprendre à son rythme (en commandant l'arrêt sur image ou le retour en arrière). Le débutant se familiarisera ainsi avec un nouveau programme, l'"initié" découvrira une foule d'astuces pour gagner du temps.

Destinées tant aux entreprises qu'aux organismes de formation et aux particuliers, les cassettes de SVM-Formation ne remplacent pas

une formation, mais dégrossissent les bases du travail en donnant la prépondérance aux exercices pratiques. L'attrait de la méthode vidéo et l'étendue du marché potentiel expliquent que ces kits se vendent déjà à plusieurs milliers d'exemplaires par mois.

La distribution est effectuée par SVM-Formation, par correspondance (catalogues Techno Direct et Option PC), auprès de la FNAC, dans les librairies Le Temps de vivre et dans quelque 300 librairies informatiques.

PROTOTYPE

## Un compteur à gaz intelligent

**P**our l'utilisateur, le gaz, c'est avant tout un compteur vieillot et peu esthétique, que l'on s'efforce de cacher. C'est aussi une contrainte bien gênante : l'indispensable présence au domicile lors du passage de l'agent chargé d'effectuer le relevé de la consommation.

Dès 1996, ces deux "nuisances" auront disparu. Foin du compteur : EDF proposera le Dialogaz, au design entièrement revu (maquette ci-contre). Mais le changement ne sera pas qu'esthétique. Dialogaz pourra rendre bien d'autres services que le seul relevé de la consommation.

Son principe est simple – du moins en théorie. Il s'agit de mettre en place un réseau de communication (utilisant les ondes hertziennes ou l'installation électrique à l'intérieur de l'habitat) reliant un ensemble d'éléments (compteur de gaz, d'électricité, chaudière, régulateurs) à un serveur placé chez le client, ainsi qu'à des serveurs externes.

Grâce à son boîtier électronique, Dialogaz offrira des possibilités inédites : mise en service automatisée, re-



Consommez tranquille : Dialogaz mesure, contrôle et paye...

levé de la consommation à distance, fermeture – toujours à distance – par l'agence EDF-GDF, affichage des consommations sur un écran à cristaux liquides, etc.

Le renforcement de la sécurité sera un autre atout de ce compteur. Il sera équipé de capteurs détectant les anomalies : en cas de fuite, il déclenchera alors automatiquement la coupure du gaz. Ces mêmes capteurs pourront être utilisés par d'autres services, que commence à proposer la domotique : gestion de l'énergie, surveillance des personnes et des biens... Dialogaz permettra encore l'utilisation de systèmes de télé-

paiement : des cartes, semblables à celles utilisées pour le téléphone, permettront de disposer d'un crédit de consommation déterminé.

Les premières expérimentations du nouveau compteur débiteront à la fin de l'année dans quatre centres EDF-GDF desservant quelque 10 000 logements. La phase de mise en service à grande échelle devrait intervenir après trois ans de tests, dans le courant de l'année 1996.

TECHNOLOGIES SPATIALES

## Une tasse fermée et étanche...

**Non, non, ce n'est pas une invention farfelue digne d'Alphonse Allais ou de Pierre Dac** : il s'agit d'une retombée des technologies spatiales, destinée à toute personne alitée, handicapée ou âgée, ne pouvant se servir de ses mains ou pencher la tête en arrière. Conçue pour être utilisée en apesanteur, cette tasse permet de boire par simple pincement des lèvres sur son embout, sans avoir à la pencher ni à aspirer.

Elle est formée de deux parties dissociables : la partie supérieure, qui fait office de "bec", comporte une valve anti-retour (la gorgée "aspirée" ne peut redescendre) ; la partie inférieure, je-

table, est un récipient contenant la boisson. Ce dernier élément est initialement moulé en position comprimée ; il se gonfle lorsqu'on le remplit de liquide.

Quand on pince l'embout de la partie supérieure pour boire, cela provoque une dépression dans la partie inférieure, qui ouvre le clapet et expulse le liquide. Au fur et à mesure qu'elle se vide, cette partie retourne à son état comprimé primitif.

Un meuble, qui stocke les recharges, permet de les remplacer et de nettoyer l'embout.

On peut utiliser une version simplifiée de la tasse, qui se compose alors d'une unique partie jetable,

La tasse de l'espace.

sans mécanique intérieure (ni clapet anti-retour, ni système de liaison entre le haut et le bas). La mise en œuvre et les coûts de production s'en trouvent réduits d'autant. Les licences de cette invention sont présentées, comme celles de vingt-sept autres nouvelles technologies d'origine spatiale, dans le catalogue Mutations 8, publié par Novespace, 15 rue des Halles, 75001 Paris. Tél. : 1 42 33 41 41.

REPARATION NAVALE

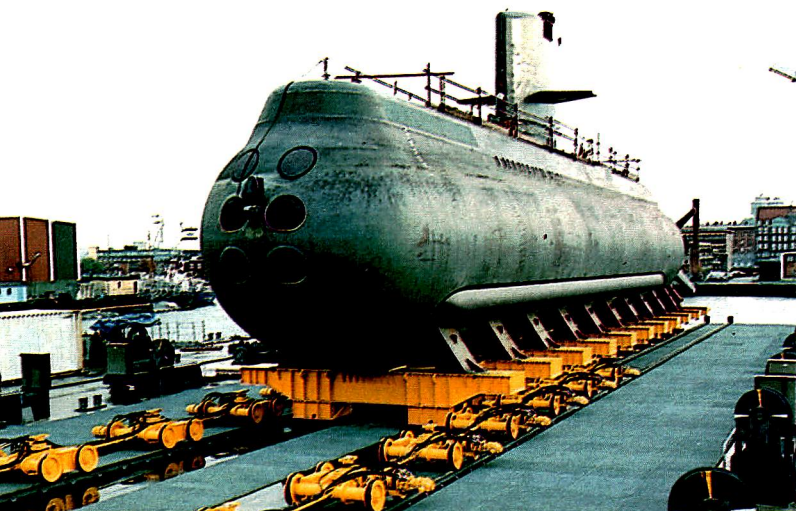
## Quand les bateaux montent sur les quais

**Plus besoin de cale sèche, de bassin qu'on doit vider pour entretenir ou réparer les navires.** Les bateaux sont désormais à même de "grimper" sur les quais et de parvenir à l'intérieur des ateliers. C'est du moins la "pre-

mière" qui vient d'être réussie en Suède, grâce à la mise en service de la plate-forme de levage pour bateau construite par le chantier naval de Kockum, à Malmö (photo ci-dessous). Cette plate-forme peut sup-

porter une charge de 2 335 tonnes. Pour son inauguration, elle s'est contentée de remonter un "poids plume" : un sous-marin de 1 100 t. Comme on peut le voir, elle repose sur deux rails et elle est tirée par des treuils hydrauliques. Elle supporte un ber (sorte de carcasse en berceau) qui maintient le navire. On abaisse plate-forme et ber dans l'eau à une profondeur de 12 m. Le bateau s'y engage et les treuils soulèvent la plate-forme jusqu'à ce que le ber enserre la coque. Les ultimes ajustements sont effectués par des plongeurs. Il ne reste alors qu'à faire fonctionner les treuils pour mener le bateau – bloqué dans le ber solidaire de la plate-forme –, en suivant les rails, jusqu'à l'atelier d'entretien ou de réparation.

**A Malmö, en Suède, on peut désormais treuiller des "monstres marins" hors de l'eau.**





## Si vous voulez changer de panorama, faites tourner votre maison

● La firme japonaise Kawanashi a réalisé le rêve de nombreux inventeurs et architectes. Elle propose en effet la Vi-House (Vi comme "vision"), à deux niveaux (un rez-

de-chaussée et un étage), qui peut tourner sur elle-même. La mécanique est bien "huilée" : les promoteurs de cette maison individuelle assurent que l'énergie électrique nécessaire pour la faire tourner n'est pas plus importante que celle consommée par un réfrigérateur.

## Un salon qui va faire du bruit

● C'est le slogan retenu par Eurosilence 93, le premier salon industriel des techniques de réduction du bruit dans les domaines de l'industrie et des transports. Il se tiendra du 9 au 11 juin, porte de Versailles, à Paris. Contact : Agnès Gourdon. Tél. : 1 40 72 79 58.

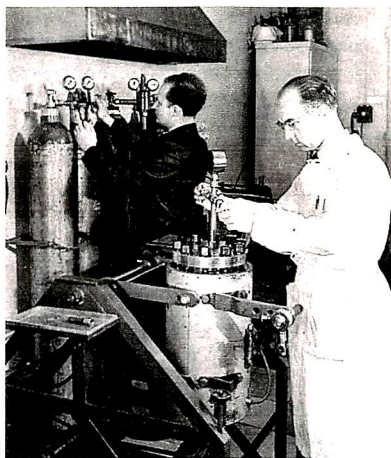
### ANNIVERSAIRE

## Il y a cinquante ans, le LSD naît d'une erreur de "manip"

**L**e LSD, une drogue "dure", est né il y a cinquante ans des recherches infructueuses de deux chimistes suisses sur un nouveau tonocardiaque, et de l'intoxication accidentelle de l'un d'entre eux lors d'une manipulation.

Entre 1934 et 1938, dans un laboratoire de la firme Sandoz, à Bâle, ces deux chimistes, Alfred Hoffmann et Gert Stoll, préparent une série de corps de synthèse obtenus à partir de l'acide lysergique. Ils cherchent à mettre au point un tonocardiaque plus actif et moins toxique – dépourvu d'effets secondaires – que la nicéthamide, très employée à l'époque.

L'acide lysergique est une substance d'origine végétale fabriquée à partir d'acides aminés. Il s'agit d'un alcaloïde obtenu par hydrolyse de l'ergot de seigle, un champignon microscopique parasite des céréales. Sa structure est assez voisine de celle de la molécule de nicéthamide. Sandoz synthétise donc, en 1938, 27 dérivés de cet acide lysergique pour étudier ensuite leurs propriétés thérapeutiques sur l'animal. Le composé est obtenu en greffant sur le squelette de l'acide D-lysergique une amine secondaire, qui prend la dénomination de diéthylamide ; l'ensemble est le diéthylamide d'acide lysergique (en allemand, *Lysergic Diethylamid Satire*), qui prend alors le nom de LSD 25. Cinq années passent sans qu'aucun progrès n'ait été accompli sur cette série de molécules nouvelles. Mais le 16 avril 1943, Alfred Hoffmann est soudain pris de ma-



Alfred Hoffmann, "découvreur" du LSD, dans son laboratoire, en 1943.

laisés à son travail. Il rentre chez lui en proie à une sorte de délire accompagné d'étranges visions colorées. Pas très sérieux pour un chimiste suisse ! Le lendemain, rétabli et très intrigué par ce phénomène, il passe en revue toutes les substances manipulées la veille. Il se souvient alors avoir été en contact avec le LSD 25, qu'il avait voulu purifier par condensation.

Courageux, Albert Hoffmann : pour en avoir le cœur net, il en absorbe une dose infime, 250 millionièmes de gramme. Le deuxième "voyage" d'Albert, beaucoup plus intense, reproduit sur lui les effets déjà observés. Le plus puissant des hallucino-

gènes était né : 50 microgrammes suffisent à déclencher des hallucinations. On a calculé qu'un litre de cette substance suffirait à faire "partir" 2 millions d'individus.

Avant que le LSD ne soit interdit, considéré comme destructurant de la personnalité et comme fléau social, certains psychiatres comportementalistes américains n'hésitèrent pas à expérimenter cette substance "magique" qui libère les fantasmes les plus fous, les plus cachés... L'un d'entre eux, Timothy Leary, alla jusqu'à entreprendre, en 1966, au centre de recherche sur la personnalité de l'université de Harvard, une investigation de l'inconscient chez une centaine de jeunes volontaires, en leur faisant avaler du LSD 25. Sans succès pour la connaissance scientifique. Mais en créant des intoxiqués...

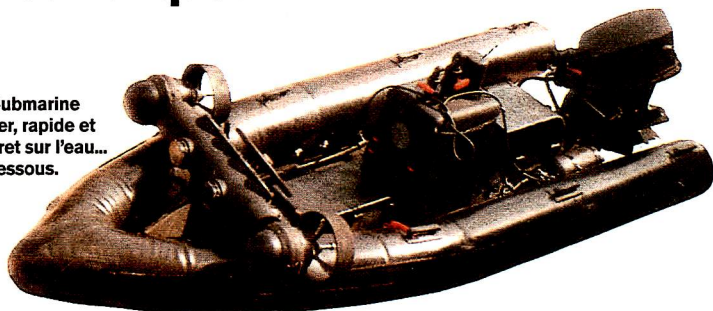
J.-M. B.

SUBMERSIBLES

## Quand les canots pneumatiques se transforment en sous-marins

**Une embarcation révolutionnaire vient d'être développée, qui va faciliter l'exécution de missions délicates confiées aux commandos de nageurs de combat ou aux unités spéciales des services secrets. Il s'agit du Submarine Driver, un mini-canot imaginé et fabriqué par la firme française Sillinger, capable de transporter cinq hommes-grenouilles à 55 km/h en surface, puis de plonger jusqu'à 50 mètres et d'évoluer sous l'eau à une vitesse de 7 km/h. Autonomie de l'embarcation : environ 200 km en surface, et quatre heures en submersion. La propulsion sous-marine s'effectue grâce à des batteries électriques.**

**Le Submarine Driver, rapide et discret sur l'eau... et dessous.**



La charge utile de l'embarcation atteint une tonne, soit cinq hommes totalement équipés, plus 210 litres de carburant pour la propulsion en surface. Replié, le canot tient dans un conteneur et peut donc être facilement embarqué à bord d'un sous-marin ou d'un bâtiment de surface. La discrétion du Submarine Dri-

ver tient au fait que les pales des deux propulseurs sous-marins ont été étudiées pour réduire au maximum les "signatures acoustiques" sous l'eau.

Par ailleurs, en surface, le très faible tirant d'air (0,4 m) rend l'embarcation très difficilement repérable. *Serge Brosselin*

VOYAGE

## Bagages sous film plastique

**Les bagages protègent leur contenu, mais qui les protège, eux, contre les dégradations, les chocs, les déchirures, les rayures et salissures, le vol ? Et contre l'introduction d'objets prohibés, voire dangereux ? Ou encore contre leur perte et leur retard par erreur d'aiguillage ?**

La Compagnie française de protection des bagages vient de mettre au point Probag, un procédé et une machine qui mettent les bagages à l'abri de tous ces désagréments en assurant leur protection physique et leur inviolabilité.

La machine Probag les enveloppe

d'une fine pellicule de plastique transparent, sur laquelle les compagnies d'aviation peuvent imprimer leur logo, des étiquettes en forme de code-barre, la destination des bagages, le numéro des vols qu'ils doivent emprunter, etc.

La machine est une sorte de tunnel de 2,90 mètres de long sur 1,30 m de large et 1,40 m de haut, semblable à celles qui permettent à la douane de visionner par rayons X le contenu des sacs et valises. Le colis est déposé sur un tapis d'entrée, puis enveloppé entre deux pellicules de film plastique soudées entre elles ; il passe ensuite dans un tunnel de rétraction à chaud qui plaque le plastique. Ce dernier est alors refroidi et le colis termine sa course sur le tapis de sortie.

Au final, il ne constitue plus qu'un paquet homogène dont seule la poignée reste dégagée. Le passage à l'intérieur du tunnel de chauffe

étant extrêmement court (six à huit colis sont traités par minute), il n'occasionne aucun dommage au bagage. Le film protecteur, du polyéthylène basse densité, est non toxique et recyclable à 100 %.

Après qu'un bagage y est passé, plus rien ne peut être inséré dans celui-ci (drogue, explosifs...). Enfin, la machine jouit d'une grande autonomie : une bobine de film protecteur (ce dernier n'a que 20 microns d'épaisseur) peut protéger 2 000 colis ; elle pourrait envelopper l'équivalent de quatre Boeing 747 ! Équipées de lecteurs de cartes de crédit et de monnayeurs, les machines Probag sont agréées par les Aéroports de Paris, la Police de l'air et des frontières et la Direction générale des douanes.

Des négociations pour l'exploitation de ces nouvelles machines sont ainsi actuellement en cours pour les vols au départ de Paris.

**Probag met votre valise sous scellés.**





Les innovations et les techniques présentées ici ne sont pas encore exploitées sur le marché français. Il s'agit d'opportunités d'affaires, qui semblent "bonnes à saisir" pour les entreprises françaises. Comme l'ensemble des articles de Science & Vie, les informations que nous

sélectionnons sont évidemment libres de toute publicité. Les sociétés intéressées sont priées d'écrire à "Des marchés à saisir" c/o Science & Vie, qui transmettra aux firmes, organismes ou inventeurs concernés. Aucun appel téléphonique ne pourra être pris en considération.

## Des tubes qui se comportent comme s'ils étaient toujours pleins

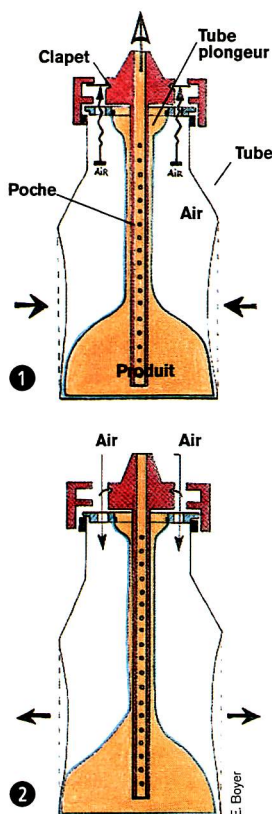
### Quoi ?

Un système simple grâce auquel les tubes et flacons en plastique (du type de ceux qui conditionnent les crèmes de beauté) peuvent expulser immédiatement la totalité des substances qu'ils contiennent, jusqu'à leur assèchement complet, quelle que soit leur position et si faible que soit la quantité de produit restante.

### Comment ?

Les tubes et flacons à presser, efficaces et pratiques en début d'emploi, voient leurs qualités disparaître à mesure que se réduit leur contenu. De plus en plus d'air est expulsé avec le produit, le dosage devient difficile, l'utilisation est désagréable et l'assèchement n'est jamais complet : une perte subsiste toujours. Poser le tube sur son bouchon pour récupérer, par l'effet de la gravité, les reliquats de produit ne constitue qu'un palliatif approximatif – sans parler des risques de fuites qui existent alors.

Le système proposé ici consiste à ajouter à l'intérieur du flaconnage une poche souple qui épouse la forme de ce dernier lors de son remplissage, et, au niveau du goulot, un clapet qui, tour à tour, bloque ou laisse passer de l'air. La poche, qui ne subit aucun effort, n'a pas à être spécialement résistante. Très mince, elle ne diminue pratiquement pas la contenance du flacon. Extensible, elle s'adapte à tous les contours :



tubes et flaconnages peuvent conserver les particularités qui leur sont propres et les chaînes d'emboutissage n'ont pas à être modifiées, ni leur réglage à être repris.

Dès lors (dessin ①), bien que tout contact entre l'air et le produit se trouve supprimé par la poche souple, quand le flacon est pressé, les parois se déforment, le clapet anti-retour d'air se ferme, l'air confiné est comprimé et transmet sa pression à la poche contenant le reliquat du produit. La buse d'évacuation est prolongée par un tube plongeur percé, qui évite les étranglements de la poche. Par simple compression traditionnelle sur les parois du tube, le prélèvement devient immédiat, possible en toutes positions et intégral. Quand on relâche la pression sur le flacon (dessin ②), les parois reprennent leur forme naturelle, l'anti-retour s'ouvre et l'air extérieur entre et vient combler l'espace rendu libre par le prélèvement. Restant isolé entre le flacon et sa poche intérieure, l'air ne se trouve jamais en contact avec le produit, quel qu'en soit le niveau.

### Marché

Toutes les applications où l'on utilise des flacons à presser pour distribuer des produits pâteux, que ces derniers relèvent de l'hygiène corporelle, des spécialités pharmaceutiques, cosmétiques, alimentaires, etc.

### Pour qui ?

L'inventeur souhaite céder des licences de fabrication.

**Comment passer dans cette rubrique :** si vous avez conçu une innovation, adressez-en à "Des marchés à saisir" un descriptif. Inspirez vous de notre présentation. Joignez-y une copie de votre brevet et une photo de votre prototype. Enfin, faites preuve de patience et de tolérance ; nous ne pouvons présenter toutes les inventions, et celles que nous publions doivent être d'abord étudiées par notre service technique.



GAZ CARBONIQUE

## Des siphons contre une bombe naturelle

**Tapis au fond du lac Nyos, au Cameroun, plusieurs centaines de millions de mètres cubes de gaz mortel risquent de s'échapper à tout moment.**

La parade existe : elle consiste à siphonner le lac à l'aide de grands tubes de polyéthylène (d'où son nom de code : "les orgues de Nyos") qui purgeront cette véritable bombe à retardement présente au fond de l'eau.

Le 21 août 1986, un gigantesque nuage de gaz s'abat sur la population d'une verdoyante vallée située au nord-est du Cameroun. 1 700 personnes, et des milliers de têtes de bétail, sont asphyxiées. On connaît le coupable : une éruption de 100 millions de m<sup>3</sup> de gaz carbonique, contenu en

quantités immenses dans le lac volcanique de Nyos.

La catastrophe n'est du reste ni exceptionnelle ni sans précédent, rappelle Gaz de France information : deux ans plus tôt, une autre éruption gazeuse, celle du lac africain de Monoun, avait fait 37 morts et, en 1939, dans l'île de Java, 142 personnes avaient déjà été asphyxiées près du lac de Dieng.

**Ce qui se passe au fond du lac Nyos est parfaitement connu :** à 200 m de profondeur, 3 millions de m<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub>, relâchés par les sources hydrothermales, s'ajoutent chaque année à l'immense poche de gaz déjà immergée. A cette profondeur, chaque litre d'eau contient 7 litres de gaz dissous. Il

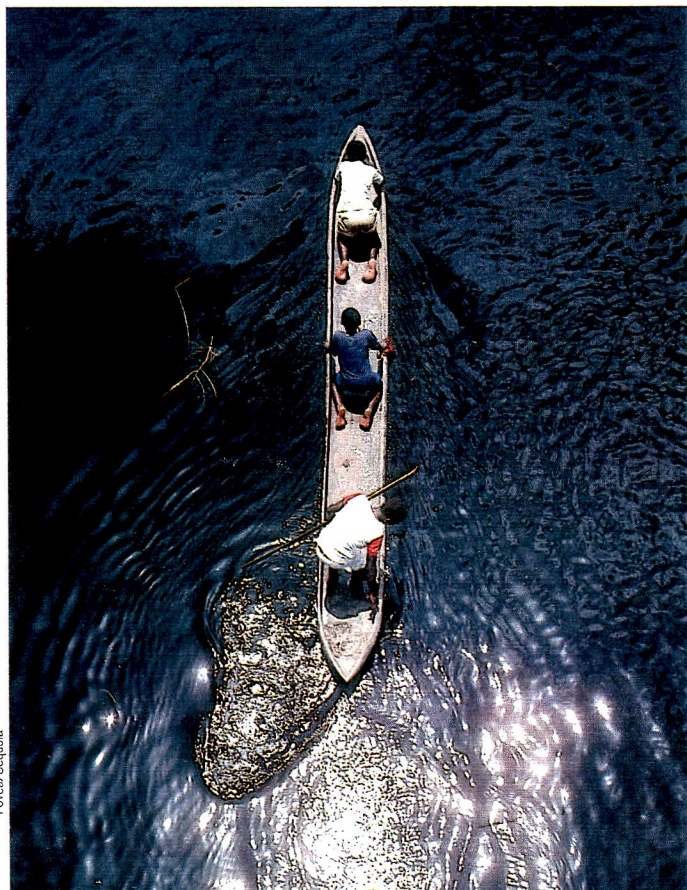
suffit d'un léger phénomène naturel (choc sismique, glissement de terrain ou simplement une averse brutale) pour perturber l'équilibre du lac. Les eaux profondes remontent alors, la pression baisse et le gaz s'échappe. A Nyos, l'éruption de 1986 est loin d'avoir purgé le lac : les scientifiques estiment à 300 millions de m<sup>3</sup> la quantité de CO<sub>2</sub> encore présente – une quantité, nous l'avons vu, qui s'accroît chaque année.

Cependant, pour les ingénieurs de Gaz de France, la parade existe. Elle a même déjà été expérimentée, à petite échelle, sur le lac Monoun. Il s'agit de purger le lac en plongeant, à différentes profondeurs, des tubes de polyéthylène de 14 à 25 cm de diamètre.

Une fois installés, les tubes seront munis d'une pompe mécanique qui amorcera un système de siphonnage. Une éruption se formera alors : aspirées, les eaux s'élèveront en perdant de leur pression, une partie du gaz remontera en formant des bulles de plus en plus grosses. Le mouvement ascendant s'accélélera pour atteindre à la sortie une vitesse de 12 m/s. D'après des calculs se référant à l'expérience du lac Monoun, le débit devrait atteindre 1 m<sup>3</sup> de gaz par seconde.

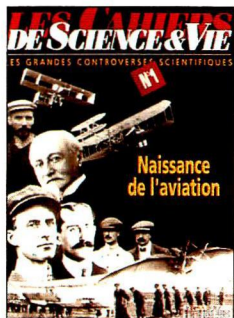
**Reste à récupérer les gaz nocifs extraits des profondeurs du lac.** Là encore, les scientifiques ont trouvé la solution : il sera utilisé pour créer un effet de serre artificiel dans des jardins expérimentaux, et en étudier les effets. L'opération "les orgues de Nyos" permettra aussi de tirer des enseignements sur l'écoulement des mélanges de gaz et de liquide. Elle permettra aussi de mettre parfaitement au point une technique qui, aujourd'hui, a tout d'un défi, et que l'on pourra bientôt exporter vers d'autres pays exposés au même danger. ■

Sur le lac Nyos (Cameroun), les pêcheurs naviguent au-dessus d'une poudrière.

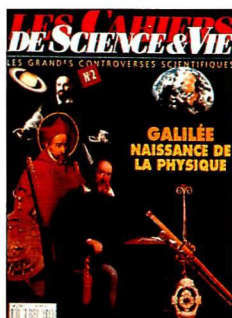




# COLLECTIONNEZ LES CAHIERS DE SCIENCE & VIE ET VIVEZ L'HISTOIRE DE LA SCIENCE COMME ON NE VOUS L'A JAMAIS RACONTÉE



**N°1 NAISSANCE DE L'AVIATION**  
Farman ou les Wright, qui a inventé l'avion ?



**N°2 GALILÉE**  
La naissance de la physique moderne.



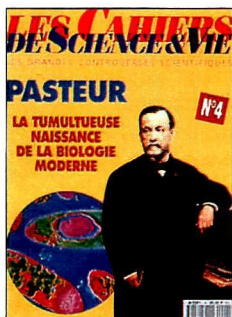
**N°7 LE PROJET MANHATTAN**  
Construction de la première bombe atomique



**N°8 LA RADIO-ASTRONOMIE**  
Une nouvelle fenêtre sur le ciel



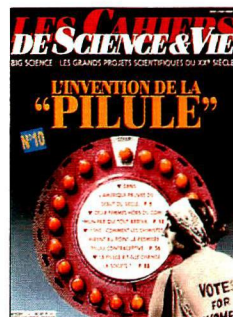
**N°3 LA DÉRIVE DES CONTINENTS**  
Wegener, l'homme d'une géniale découverte.



**N°4 PASTEUR**  
Tumultueuse naissance de la biologie moderne



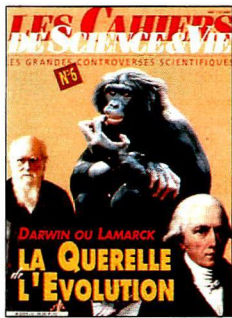
**N°9 LA NAISSANCE DU CONCORDE**  
Un exemple de coopération internationale



**N°10 LA PILULE CONTRACEPTIVE**  
De la 'Big Science' chimique et médicale



**N°5 FRESNEL**  
Quelle est la vraie nature de la lumière ?



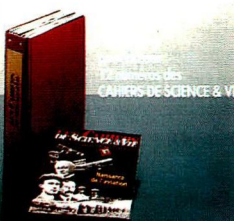
**N°6 DARWIN ou LAMARCK**  
La querelle de l'évolution



**N°11 De SPOUTNIK à GAGARINE**  
L'espace comme champ de bataille de la guerre froide.



**N°12 LA PHYSIQUE GEANTE**  
Du géigantisme pour observer l'infinitésimal.



**BON DE COMMANDE**  
à compléter et à renvoyer avec votre règlement libellé à l'ordre des CAHIERS DE SCIENCE & VIE-Bred, sous enveloppe affranchie à :  
CAHIERS DE SCIENCE & VIE Service VPC - 1, rue du Colonel Pierre Avia - 75503 Paris cedex 15

NOM Prénom \_\_\_\_\_  
ADRESSE \_\_\_\_\_  
CODE POSTAL \_\_\_\_\_ VILLE \_\_\_\_\_

OUI, je commande les numéros suivants des CAHIERS DE SCIENCE & VIE au tarif unitaire de 30 F (Etranger : 40 FF) :  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Je commande..... reliure(s) des CAHIERS DE SCIENCE & VIE au tarif unitaire de 65 F (Etranger : 75 FF)

Le montant total de ma commande est de..... F

Offres valables jusqu'à fin 1993 et conformes aux recommandations de la CNIL

RCS Paris B 572 134 773



## La lessive : une poudre électrisée

*Entre la lessive  
Blanc-Blanc qui donne  
à la serpillière du  
caniveau l'éclat d'une  
robe de mariée et  
le baril Superix qui  
serait capable d'enlever  
même les taches du  
Soleil, on en vient à se  
demander s'il existait  
des lys avant l'invention  
des détergents. Par  
chance, derrière les  
publicitaires, il y a des  
chimistes, qui font  
moins de mousse mais  
savent fort bien  
manier les molécules  
électrisées.*

C'est du jour où l'on a su tisser la laine et le coton que sont apparus ces problèmes de lavage qui tiennent une si large place dans nos sociétés. Avant, on se contentait d'attendre la pluie ou d'aller se baigner : l'eau est un excellent solvant de toutes les poussières qui collent à la peau. Avec la soie, le lin, le coton ou la laine il en va tout autrement, car les poussières s'insinuent entre les fibres microscopiques et finissent par y adhérer très solidement.

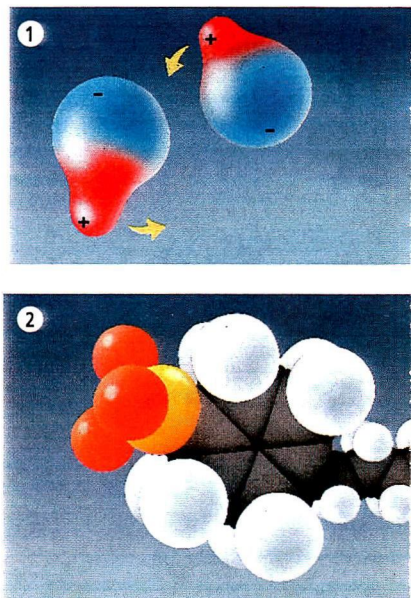
Pour les en chasser, il n'y avait qu'un moyen, que l'on découvrit de manière empirique : agir au même niveau, avec des molécules actives capables de déloger celles

dont on ne voulait pas. Bien entendu, il fallait choisir des produits que l'on puisse disperser ensuite, sinon, on n'aurait fait que remplacer une tache par une autre – ce qui arrive fréquemment, même à notre époque, pour peu que l'on se trompe de produit.

On a découvert le savon par hasard – le produit tire son nom de la ville de Savona, en Italie, où on en fabriquait de grandes quantités dès le Moyen Âge – mais son mode d'action n'a été bien compris qu'après la découverte des molécules, des atomes et des forces qui assurent la cohésion de la matière. Une tache est en effet un agglomérat de molécules solides réunies par des forces de cohésion, et collées à la surface des fibres par des forces d'adhésion. Pour enlever la tache, il faut défaire simultanément cohésion et adhésion... puis emporter les molécules ailleurs. Or, il faut savoir que les forces qui tiennent les molécules entre elles sont de nature électrostatique : il s'agit des forces d'attraction ou de répulsion qui se manifestent entre des charges électriques selon qu'elles sont de signes contraires ou identiques. Ce sont les mêmes forces électrostatiques qu'on peut observer tous les jours et qui font que les cheveux sont attirés par un peigne en résine, ou qu'une feuille de cellophane reste collée à la main au lieu de tomber au fond de la corbeille à papier.

**Au niveau des atomes ou des molécules les choses sont plus complexes** car il faut tenir compte de l'arrangement des électrons (charges négatives) autour du noyau (charges positives) et des niveaux d'énergie potentielle qu'ils peuvent occuper. En effet, la force d'attraction entre deux charges de signes opposés décroît avec le carré de la distance qui les sépare et les atomes n'ont pas tous le même diamètre ; il en va

de même avec les molécules – assemblages d'atomes – dont les dimensions varient dans des proportions encore plus importantes. D'autre part, il faut tenir compte des forces de répulsion entre charges de même signe qui interviennent aussi dans l'arrangement des atomes au sein des molécules. Enfin, ces atomes, normalement neutres – les charges positives du noyau équilibrent les charges négatives des électrons –, peuvent ne plus l'être en présence d'autres



atomes ou sous l'action de la chaleur, de la lumière ou d'un rayonnement corpusculaire.

Quand les atomes, ou leurs groupements en molécules, ne sont plus neutres, on parle d'ions. Ceux-ci peuvent être positifs, par manque d'électrons (cations), ou négatifs, par excès d'électrons (anions). Les liaisons qui assurent la cohésion des solides ou des liquides peuvent donc s'exercer soit directement entre atomes (liaisons métalliques et liaisons covalentes), soit entre molécules (liaisons ioniques et liaisons moléculaires). Un troisième type de



liaison très particulier est la liaison hydrogène formée par la présence d'un atome d'hydrogène placé entre deux atomes d'oxygène, d'azote ou de fluor.

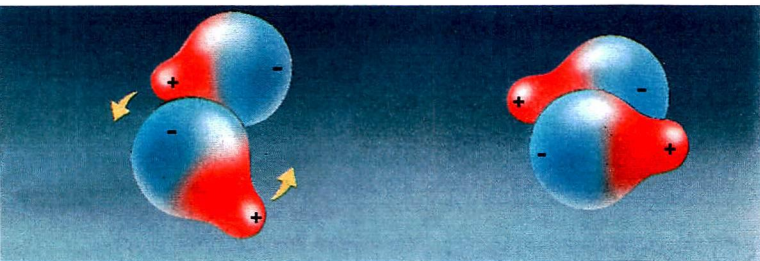
**En ce qui concerne les lessives, qui nous intéressent ici**, on peut laisser de côté les liaisons métalliques et covalentes, lesquelles concernent les métaux ou des corps comme le diamant, qui ne tachent pas. En fait, les salissures viennent essentiellement de corps organiques à base de carbo-

jours sous cette forme qu'elle était venue sur le tissu avant de sécher. La première étape consiste donc à dissoudre la tache en apportant le solvant adapté ; la plupart du temps ce sera l'eau dont la liaison est du type hydrogène et qui est active sur les sucres ou les nitrates. En revanche, elle est à peu près sans effet sur les graisses, aussi bien minérales qu'animales ou végétales, ce qui a conduit à utiliser d'autres solvants comme le benzène, le trichloréthylène, le tétra-

zymes glutons, les polyphosphates et les surfactants dont la publicité est si friande. Dans la réalité, on va retrouver, bien sûr, les mêmes forces électrostatiques qui permettent déjà à l'eau ou à l'acétone de se glisser dans le réseau moléculaire des salissures. L'eau est une molécule très simple, et, de plus, c'est une molécule polaire ; on entend par là qu'elle forme un dipôle électrique, c'est-à-dire un couple de deux charges électriques voisines, de valeurs absolues égales et de signes contraires. Du point de vue des forces mises en jeu, c'est l'équivalent d'un aimant en barreau avec un pôle nord à un bout et un pôle sud à l'autre.

Un tel dipôle exerce un couple sur tout autre dipôle, tout comme l'aimant rectiligne placé au-dessus d'une boussole va en faire tourner l'aiguille. Mis en présence les uns des autres, ces dipôles se regroupent par paires, tête-bêche, l'extrémité positive d'un dipôle attirant l'extrémité négative d'un autre (*dessin 1*). Le moment du couple qui assure ce regroupement mesure la force du dipôle électrique étudié ; toute molécule présentant un moment non nul est dite polaire, et si ce moment est nul (ce qui ne veut pas dire que la molécule ne porte pas de charges, mais que celles-ci ne forment pas un dipôle), non polaire. La distribution des charges dans une molécule, et en particulier son caractère polaire ou non polaire, permet d'interpréter de nombreuses propriétés du composé, dont son pouvoir solvant.

**Les savons sont faits de molécules très particulières** dont la charge globale est négative (anions) ; chaque molécule est constituée d'une longue chaîne hydrocarbonée non polaire, terminée à un bout par un groupement qui, lui, est polaire : l'ensemble ressemble à un têtard (*dessin 2*). On peut ►



Deux molécules polaires vont basculer l'une vers l'autre par attraction des charges électriques opposées qu'elles portent.

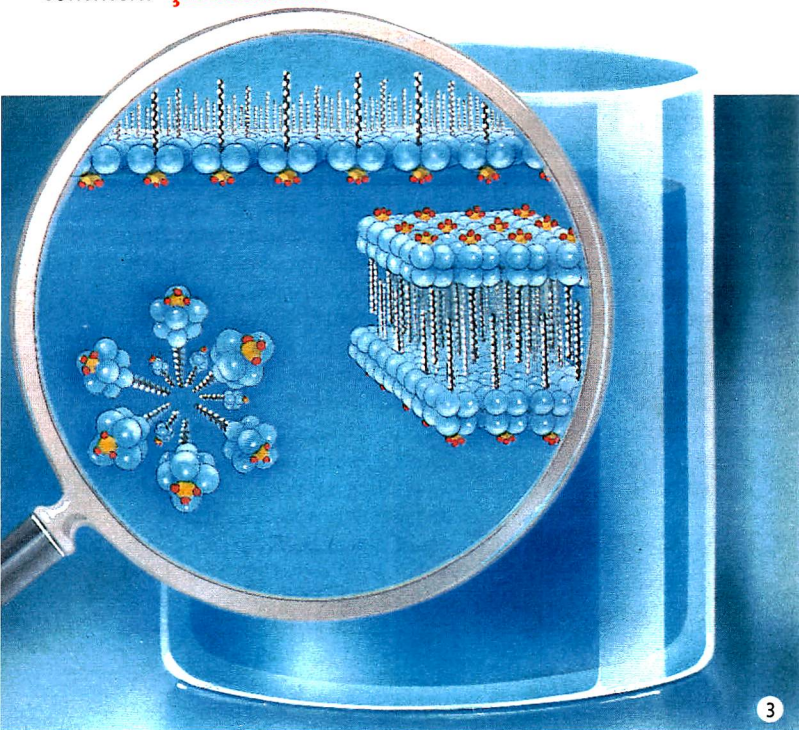


Un têtard électrisé : ainsi se présente une molécule type de tensio-actif. La tête, polaire, est attirée par l'eau tandis que la queue, en général non polaire, a une affinité pour les graisses.

ne dont les liaisons sont de nature ionique ou moléculaire. Pour en défaire l'arrangement, on va apporter sous forme mobile, c'est-à-dire liquide, des molécules dont le type de liaison est proche de celui des molécules à éliminer ; elles vont, par le jeu des mêmes forces d'attraction ou de répulsion, se glisser dans l'assemblage et lui faire perdre de sa rigidité. Autrement dit, les molécules actives vont détendre le lien originel et toutes les molécules de l'ensemble deviennent mobiles : de solide, la tache passe à l'état liquide – c'est d'ailleurs presque tou-

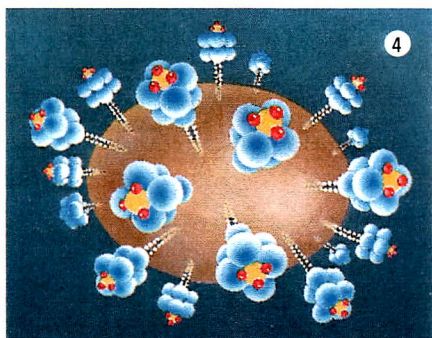
chloroéthylène ou l'acétone. Le seul ennui vient de ce qu'il faut prendre de grandes précautions car ces solvants sont capables de dissoudre non seulement les taches, mais aussi le tissu lui-même ! D'autre part, l'acétone ou le tétrachlorure de carbone ne coulent pas du robinet, et les chimistes ont dû s'arranger pour ajouter à l'eau des produits capables de dissoudre non seulement les sucres colorés des fruits et autres extraits végétaux, mais aussi les graisses les plus diverses. Et c'est là qu'on voit apparaître les agents tensio-actifs, les en-





Dans l'eau, les molécules de lessive (ci-dessus) se serrent à la surface, "queue en l'air", ou se regroupent tête-bêche, en carrés ou en sphères.

Les molécules de surfactant (ci-contre) investissent tout amas graisseux un peu à la manière d'épingles plantées dans une pelote.



considérer la molécule comme faite de deux parties : une tête polaire dite hydrophile (qui aime l'eau), et une queue non polaire, repoussée par l'eau, et généralement oléophile (qui aime les huiles).

**Au contact de l'eau, les molécules de savon se regroupent à la surface**, la tête polaire entrant dans l'eau qui est aussi polaire (les dipôles s'attirent), tandis que la queue qui est non polaire et n'a aucune affinité pour l'eau reste à la surface. Si on augmente la quantité de savon, les molécules actives ne peuvent tenir toutes à la surface et elles se regroupent dans

l'eau en prenant une forme du genre sphère ou brique, avec toutes les têtes à l'extérieur et les queues à l'intérieur, comme des épingles à tête de verre piquées sur une balle de tennis ou un cube de mousse (*dessin 3*).

Si on plonge un tissu dans ce mélange, l'eau commence par dissoudre ce qui est soluble et les molécules actives sont adsorbées par les fibres. Dès qu'il se présente une tache de graisse, elles y plongent leur queue oléophile en laissant leur tête à l'extérieur et forment ainsi un habillage serré piqué dans la graisse (*dessin 4*). Mais cet habillage, constitué des

têtes qui émergent, est soluble dans l'eau grâce aux liaisons hydrogène ; la tache se trouve ainsi émiettée par l'eau savonneuse.

Dans le même temps, celle-ci commence à se glisser entre la tache et la fibre. Un phénomène primordial, qui s'explique par le fait que la tension superficielle de l'eau savonneuse est beaucoup plus faible que celle de l'eau pure. La tension superficielle concerne la force qu'il faut exercer pour tendre une membrane liquide de largeur donnée, laquelle est élastique comme le montre le cas des bulles de savon. La tension superficielle est donc le quotient d'une force par une longueur, et elle est due bien sûr aux forces électrostatiques qui assurent la cohésion des liquides.

**Dans le vide, les liquides se mettent en boule**, comme le prouve la forme sphérique de tous les astres. Mais une goutte d'eau sur un métal forme aussi une petite bille aplatie car sa tension superficielle est supérieure aux forces d'adhésion entre eau et métal. Si on chauffe l'eau, la bille s'aplatit car sa tension superficielle baisse. Mais pour qu'elle s'étale complètement et puisse ainsi passer sous un objet posé à la surface du métal, il faut réduire encore bien plus sa tension superficielle, ce que font justement les molécules savonneuses.

A ce moment, cette eau savonneuse est capable de se glisser sous la tache de graisse en y amenant les molécules actives qui continuent leur travail par en dessous et interposent leurs têtes entre la graisse et la fibre du tissu (*dessin 5*). Ce travail de sape fait que la salissure change alors de forme et se trouve lentement décollée de son support (*dessin 6*) jusqu'au moment où elle en est totalement détachée (*dessin 7*). Le brassage dû à la machine à laver ou à l'ébullition de l'eau active



le décollement de toutes les taches huileuses ou graisseuses.

**Les particules enlevées sont ensuite émiettées** par les forces électrostatiques dues à ce que leurs charges sont de même signe. Mais elles restent "habillées" de molécules actives, ce qui les empêche d'aller se recoller aux fibres et elles forment dans l'eau une émulsion stable qui sera éliminée avec l'eau de rinçage. Mais

si cette eau est dure, donc chargée d'ions calcium, ceux-ci réagissent avec le savon et forment une écume gênante.

On ajoute alors des ions polyphosphates volumineux qui sont capables d'envelopper les ions calcium des eaux dures : ceux-ci sont protégés des anions savonneux et la réaction entre les deux ne peut se produire. On appelle séquestration cet emballage d'un ion par un

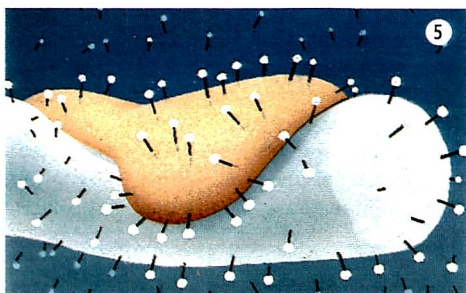
autre, les polyphosphates devenant des agents séquestrants.

Les détergents actuels si prisés des publicitaires comportent donc ces molécules actives qui font l'essentiel du travail, et qu'on appelle tensio-actifs, ou surfactants, parce qu'ils agissent, entre autres, sur la tension superficielle. Mais comme certains agissent mieux sur le beurre que sur la graisse à roulements, il faut en mélanger plusieurs pour enlever le plus possible de taches. On y trouve aussi des polyphosphates pour éviter l'écume avec les dépôts qu'elle peut occasionner et ajuster l'acidité.

**Dans certains cas, le fabricant ajoute des catalyseurs organiques**

(produits qui augmentent la vitesse d'une réaction sans être consommés dans cette réaction) dont les modèles naturels sont les enzymes, d'où l'idée farfelue des enzymes gloutons, qui tombe vraiment à plat puisque les enzymes ne sont ni consommés ni consommateurs. Pour terminer, on ajoute souvent à tous ces agents des additifs fluorescents, lesquels absorbent les ultraviolets et émettent en retour de la lumière visible : ils sont destinés à donner l'impression d'une plus grande propreté. Tout cela se passe à un niveau microscopique et même moléculaire, mais il est amusant de voir que ce sont des forces immatérielles qui, en fin de compte, font le lavage, de la même manière qu'un aimant enlèverait des poussières de fer sur un drap blanc (ou coloré). Une fois dans la machine, la lessive n'est plus qu'une poudre électrisée, et ce sont des attractions et des répulsions électrostatiques qui décollet les taches et les emportent. ■

La salissure graisseuse adhère à la fibre et les molécules actives commencent par se piquer sur toute la surface offerte.



Ces molécules abaissant la tension superficielle, elles peuvent s'insinuer entre la fibre et la tache.



Elles entourent toute la salissure, qui se détache de la fibre et ne peut plus s'y recoller, étant entièrement couverte de têtes polaires.



# ELECTRONIQUE *amusante*

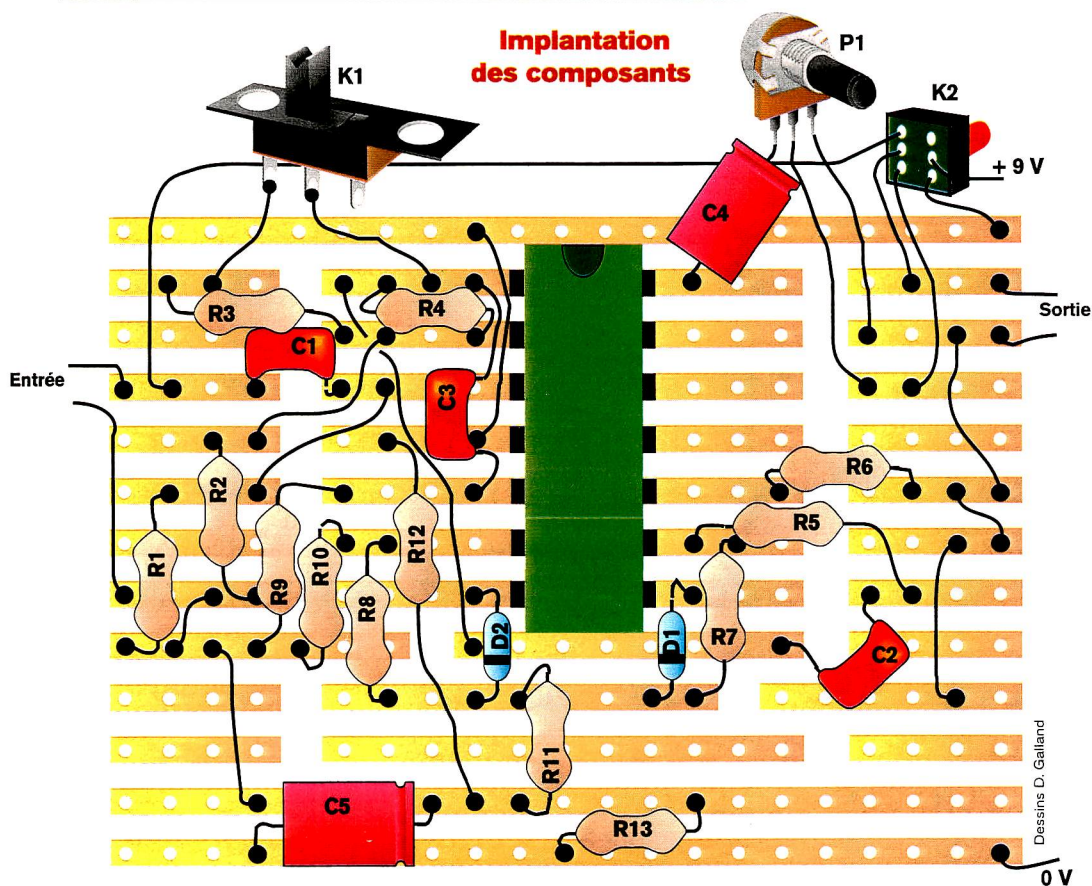
## Un truqueur d'harmoniques

**Le mois dernier, nous vous avons proposé la réalisation d'une pédale de distorsion pour guitare électrique.** Dans le même esprit, nous vous proposons de réaliser un truqueur d'harmoniques. Pour cela, nous effectuerons un redressement bialternance du signal électrique issu de l'instrument. Cette opération a pour effet, d'une part, de doubler la fréquence de la fondamentale et, d'autre part, d'ajouter au spectre sonore une grande quantité d'harmoniques impaires tout en conservant les harmoniques de base du son. Notons que ce montage pourra être utilisé, comme précédemment, sur une

guitare, mais également sur tout autre type d'instrument, ou sur un micro. Un commutateur permet d'assurer l'adaptation optimale du montage au type de source à traiter. En effet, le signal délivré par une guitare ou un micro est beaucoup plus faible que celui issu d'un orgue, par exemple. Le commutateur permettra donc de faire varier la sensibilité d'entrée de cette réalisation. Cela dit, passons donc à son étude théorique. Comme dans bien des cas, il nous faut amplifier le signal avant de pouvoir le traiter. Cette opération est assurée par une première cellule amplificatrice opérationnel.



C'est sur celle-ci qu'est monté le sélecteur de sensibilité. En fait, suivant sa position, le gain en tension de cet étage sera modifié. Cette première étape franchie, il nous faut réaliser le redressement bialternance du signal. Comme il n'est pas possible, pour des raisons de rebouclage de masse, d'utiliser directement un pont diodes, nous commençons par diviser notre signal d'origine en deux signaux secondaires, identiques mais en



Dessins D. Galland



opposition de phase l'un par rapport à l'autre. Chaque signal issu de cette opération est redressé par une diode unique. Il subit donc un redressement monoalternance. Il nous suffit de faire la somme de ces deux redressements monoalternance pour obtenir un redressement bialternance, comme nous le souhaitons. Opération on ne peut plus simple, qu'un jeu de résistances judicieusement agencées nous permet de réaliser.

Dernière étape : assurer une adaptation d'impédance correcte en sortie. Ici, une dernière cellule amplificatrice joue le rôle d'adaptateur d'impédance. Nous utilisons donc quatre cellules de base. Cela oriente notre choix vers un LM 324, circuit disposant juste-

ment de quatre amplificateurs intégrés sur la même puce.

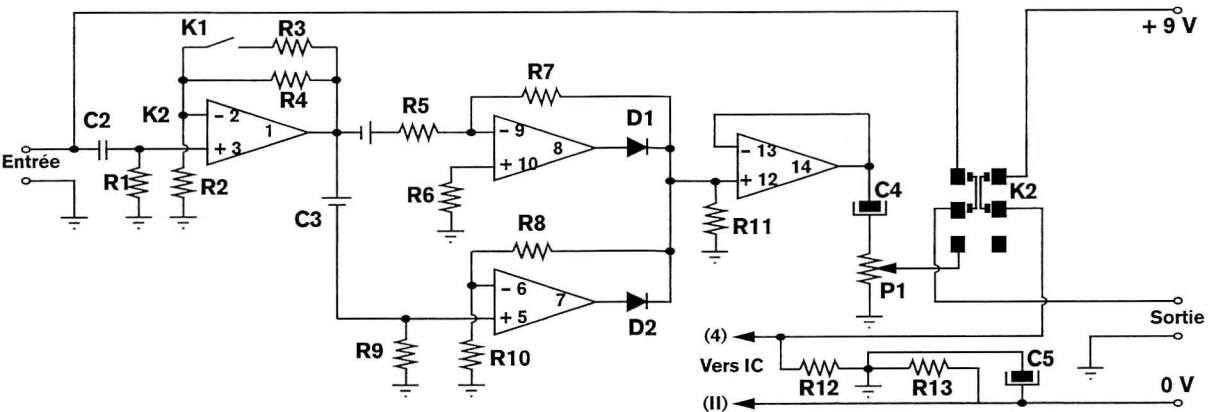
Le câblage de ce générateur d'effets spéciaux ne doit pas poser de problème particulier. Il faut cependant prendre soin de bien couper l'ensemble des bandes conductrices de la plaquette de câblage sous le circuit intégré, ainsi qu'aux emplacements mentionnés sur le schéma de câblage. De même, on veille à respecter le brochage du LM 324 ainsi que la polarité des diodes et des condensateurs chimiques.

Pour l'alimentation, nous utilisons, cette fois-ci encore, une simple pile 9 volts. Un inverseur à poussoir assure simultanément la mise en route du montage et sa commutation. En effet, dès son extinction, il

se trouve "bipassé". Un potentiomètre de volume permet d'ajuster son gain global de manière à ce que l'intensité du son obtenue lors de son utilisation reste sensiblement identique à celle du son d'origine. Pour son raccordement, nous avons porté notre choix sur des fiches type Jack de 6 mm de diamètre, ce type de fiche étant celui le plus couramment employé sur les instruments de musique. Néanmoins, il est tout à fait possible de l'équiper du modèle qui vous semblera le mieux adapté. ■

**LE MOIS PROCHAIN :**  
Un jeu de lumière numérique

## Schéma électrique



NOMENCLATURE

R1 = 47 kilohms (jaune, violet, orange, or)  
R2 = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)  
R3 = 22 kilohms (rouge, rouge, orange, or)  
R4 = 470 kilohms (jaune, violet, jaune, or)  
R5 = 22 kilohms (rouge, rouge, orange, or)  
R6 = 10 kilohms (brun, noir, orange, or)  
R7 = 220 kilohms (rouge, rouge, jaune, or)  
R8 = 220 kilohms (rouge, rouge, jaune, or)  
R9 = 10 kilohms (brun, noir, orange, or)  
R10 = 22 kilohms (rouge, rouge, orange, or)  
R11 = 10 kilohms (brun, noir, orange, or)  
R12 = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)  
R13 = 4,7 kilohms (jaune, violet, rouge, or)  
P1 = potentiomètre 22 kilohms

K1 = interrupteur monopolaire  
K2 = inverseur à poussoir

C1 = 22 nanofarads  
C2 = 47 nanofarads  
C3 = 47 nanofarads  
C4 = 4,7 microfarads 12 volts  
C5 = 47 microfarads 12 volts

IC = LM 324 ou équivalent

D1 = 1N 4148 ou équivalente  
D2 = 1N 4148 ou équivalente

Deux fiches Jack femelles diamètre 6 mm.  
Un clip pour pile 9 volts.

### OÙ SE PROCURER LES COMPOSANTS

- MAGNETIC FRANCE, 11 place de la Nation, 75011 Paris. Tél. : 1 43 79 39 88.
- PENTASONIC, 10 bd Arago, 75013 Paris. Tél. : 1 43 36 26 05.
- TSM, 15 rue des Onze-Arpes, 95130 Franconville. Tél. : 1 34 13 37 52.
- URS MEYER ELECTRONIC, 2052 Fontainemelon, Suisse.

Ces composants sont également disponibles chez la plupart des revendeurs régionaux.

## Bourse, mode d'emploi

**Voici la fin de nos soucis, puisque nous vous proposons, ce mois-ci, de terminer la saisie de notre programme de pronostics boursiers.**

Par la même occasion, nous vous indiquerons comment l'utiliser. La dernière routine que nous allons adjoindre à ce logiciel concerne l'estimation de l'évolution d'une valeur. Son principe de fonctionnement est d'une grande simplicité. En fait, elle compare, le jour de la consultation, les écarts respectifs entre cours réel et moyennes mobiles, ainsi que les pentes respectives de ces courbes.

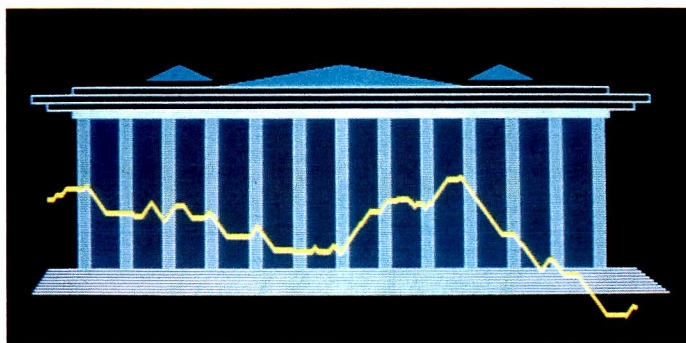
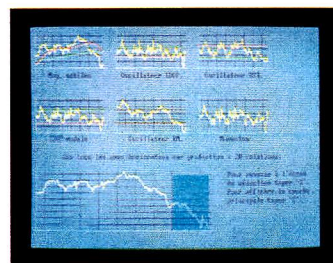
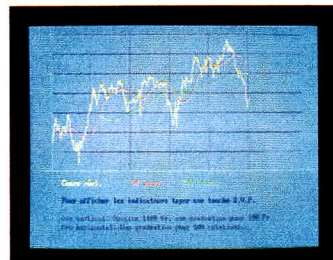
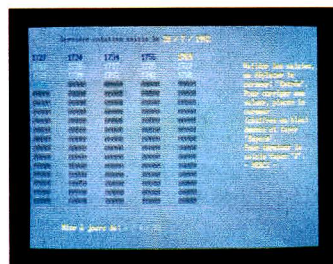
Ces mesures effectuées, la sous-routine "feuillette" le fichier de la valeur concernée pour déterminer si, par le passé, une situation identique s'est déjà produite. Bien entendu, lors de cette analyse, l'ensemble des opérations sont effectuées en valeurs relatives. Il n'y a effectivement que très peu de chances pour qu'un titre donné ait déjà eu, par le passé, une valeur identique sous le même type d'évolution. Cela dit, passons à l'écriture de cette dernière sous-routine.

Elle occupe les lignes 1340 à 1750 de notre programme définitif. En premier lieu, nous initialisons les variables de recherche par les valeurs du jour. A partir de là, la scrutation peut commencer. Pour cela le programme fait défiler les fichiers de manière à remonter dans le passé. Dès qu'une coïncidence est détectée, la sous-routine passe automatiquement à l'affichage de son estimation. Pour cela la position du point de coïncidence est mémorisée et les valeurs des 100 cotations qui le suivent sont extraites. A partir du point, l'ordinateur calcule le

décalage existant en valeur absolue entre le cours du jour et celui du point de coïncidence. Ce calcul lui permet de décaler verticalement la figure de manière à raccorder la courbe réelle et les cotations issues du passé, et de réaliser la courbe estimée. Précisons immédiatement que, étant donné son procédé de calcul, l'ordinateur n'est pas toujours en mesure de fournir une estimation.

Dans ce cas, il l'indique en mentionnant «PAS D'ESTIMATION DISPONIBLE» à l'emplacement normalement occupé par la courbe.

Passons maintenant à l'utilisation de ce logiciel. Avant tout, rappelons que pour quitter un logiciel écrit en Basic, quel qu'il soit, il suffit de taper simultanément sur les touches CNTRL et PAUSE de l'ordinateur. Cette



Voici les quatre écrans de notre logiciel tels qu'ils vous apparaîtront.

fonction est inhérente au Basic, et c'est pour cette raison que nous ne la doublons jamais dans nos programmes d'une fonction clavier (mais de nombreux lecteurs semblent l'ignorer).

Une fois RUN demandé, l'écran d'accueil s'affiche et offre quatre options. Il suffit, comme nous l'avons déjà précisé, de sélectionner l'option choisie pour y

accéder directement. Nous nous attacherons particulièrement, ce mois-ci, à l'option CONSULTATION. Dès qu'elle est sélectionnée, l'ordinateur affiche la courbe dite "principale". La machine calcule automatiquement l'échelle des axes, et l'indique de manière à ce que les données qu'elle possède dans ses fichiers puissent être affichées. Elle offre



donc une vision d'ensemble de l'évolution de la valeur. Cette première série de courbes reste affichée jusqu'à ce que l'on frappe une touche, comme l'indique le message qui apparaît dès la fin de son tracé. Une nouvelle page écran est alors affichée. Elle comporte sept graphiques. Les six premiers concernent les indicateurs de tendance, le septième est réservé à l'affichage de l'estimation. Commentons donc rapidement le contenu de chacune de ces zones.

● **Moyennes mobiles** est un rappel de la courbe principale. Il concerne les 150 dernières cotations et affiche la courbe du cours réel ainsi que les moyennes mobiles.

● **Oscillateur IDOP** est un indicateur de tendance court terme. Le graphique comporte deux limites, matérialisées par une ligne verte et une ligne rouge. Lorsque la courbe coupe la droite verte, il s'agit d'une période d'achat court terme.

A l'inverse, dès que la droite rouge est franchie suivant une pente négative, le titre passe en zone de vente.

● **L'oscillateur RSI** est un grand classique du pronostic boursier. Il s'agit, cette fois-ci, d'un indicateur concernant plutôt les opérations à moyen et long terme. Tout comme pour l'IDOP, deux limites, une verte et une rouge, indiquent les périodes d'achat et de vente.

● **L'oscillateur IDOP modulé** est nouveau. Il s'agit également d'un indicateur court terme. Cependant, celui-ci prend en compte, dans son tracé, des informations issues du Momentum, de l'IDOP et du RSI.

Cela permet d'éviter certains effets d'emballlement propres à l'IDOP. En revanche, cet indicateur a des réactions légèrement moins rapides.

● **L'oscillateur RM** permet de mettre en évidence la sur-cotation ou, à l'opposé, la sous-cotation d'une valeur. Cette estimation est issue de la comparaison entre le cours de la valeur et les moyennes mobiles. Sur ce graphique, deux droites brunes délimitent une fourchette correspondant à une cotation "normale". Tout dépassement peut donc être annonciateur d'un changement de tendance ou de l'amplification d'un phénomène de flambée ou d'effondrement du cours.

● **Le Momentum** est un indicateur de confirmation. Ici, le graphique ne comporte qu'une droite horizontale de couleur bleue. Théoriquement, lorsque la courbe du Momentum coupe celle-ci dans le sens croissant, l'oscillateur confirme l'arrivée d'une période à la hausse. Si elle coupe le repère dans le sens décroissant, c'est la confirmation d'une baisse. Il faut alors acheter ou vendre.

● **L'estimation** est le dernier graphique affiché. Précisons que le tracé estimé apparaît sur fond bleu. Le jour de la consultation se situe à la frontière de cette zone. La partie du graphique la précédant correspond donc au cours réel du titre sur cent cinquante cotations.

Pour sortir de cet écran, deux options sont offertes. Il est possible de revenir soit à la courbe principale en tapant C, soit au menu principal en tapant S. Cette dernière option permettra, entre autres, de visualiser une autre valeur.

Enfin, contrairement à notre logiciel précédent, *Turbobourse* ne fournit aucun commentaire écrit. Il est en revanche plus rapide pour traiter l'affichage des indicateurs et en fournit en nombre suffisant pour se faire une idée assez précise de l'évo-

```

1340 REM *****
1350 REM *      Calcul estimation.      *
1360 REM *****
1370 LET COTJ=COT(1):LET MCTJ=MCT(1):
    LET MLTJ=MLT(1):LET IDPJ=IDP(1)
1380 LET MCTP=MCT(5):LET MLTP=MLT(5):
    LET IDPP=IDP(5)
1390 IF MLT(5)=0 THEN GOTO 1510
1400 LET ECM=INT((MCTJ/MLTJ)*10):
    LET ECC=INT((COTJ/MCTJ)*10)
1410 LET PMCT=SGN(MCTJ-MCTP):
    LET PMLT=SGN(MLTJ-MLTP)
1420 COLOR 8:LOCATE 17,55:PRINT "ESTIMATION
    EN COURS"
1430 LET SCRUT=40:LET PESTI=0:
    IF MLT(45)=0 THEN GOTO 1510
1440 LET COTS=COT(SCRUT):
    LET MCTS=MCT(SCRUT):
    LET MLTS=MLT(SCRUT)
1450 LET COTSP=COT(SCRUT+5):
    LET MCTSP=MCT(SCRUT+5):
    LET MLTSP=MLT(SCRUT+5)
1460 LET ECMS=INT((MCTS/MLTS)*10):
    LET ECCS=INT((COTS/MCTS)*10)
1470 LET PMCTS=SGN(MCTS-MCTSP):
    LET PMLTS=SGN(MLTS-MLTSP)
1480 IF ECM=ECMS AND ECC=ECCS AND
    PMCTS=PMCT AND
    PMLTS=PMLT THEN LET PESTI=SCRUT
1490 LET SCRUT=SCRUT+1:LOCATE 1,1
1500 IF SCRUT<895 AND MLT(SCRUT+5)<>0
    AND PESTI=0 THEN GOTO 1440
1510 IF PESTI=0 THEN LOCATE 20,15:
    COLOR 12:PRINT "PAS D'ESTIMATION
    DISPONIBLE..." :GOTO 1790
1520 LET DEC=ABS(COT(1))-ABS(COT(PESTI))
1530 FOR I=41 TO 190
1540 LET EST(I)=ABS(COT(I-40))
1550 NEXT I
1560 FOR I=40 TO 1 STEP -1
1570 LET EST(I)=(ABS(COT(PESTI-I)))-DEC
1580 NEXT I
1590 REM *****
1600 REM *      Tracé estimation.      *
1610 REM *****
1620 LET CEMAX=EST(1):LET CEMIN=CEMAX
1630 FOR I=1 TO 190
1640 IF CEMAX<EST(I) THEN
    LET CEMAX=EST(I)
1650 IF CEMIN>EST(I) THEN
    LET CEMIN=EST(I)
1660 NEXT I
1670 LET EFOURCH=CEMAX-CEMIN
1680 LET EPRXP=0:LET ELEC=0
1690 FOR TR=390 TO 12 STEP -2:LET ELEC=
    ELEC+1:IF EFOURCH=0 THEN GOTO 1750
1700 LET EPTC=EST(ELEC)
1710 COLOR 14:IF ELEC<40 THEN COLOR 15
1720 LET EPRX=315-INT(((EPTC-
    CEMIN)/EFOURCH)*90)
1730 IF TR<390 THEN LINE (TR+
    2,EPRXP)-(TR,EPRX)
1740 LET EPRXP=EPRX
1750 NEXT TR

```

lution du marché. Enfin, un simple coup d'œil est beaucoup plus efficace que la lecture de commentaires affichés par la machine. ■

**LE MOIS PROCHAIN :**  
**Empilons des billes**



## Zoom sur la cellule

**Robert Hooke (1635-1702), scientifique anglais contemporain de Newton et de Van Leeuwenhoek, était un véritable génie** ; il fut à la fois physicien, chimiste, biologiste, astronome, inventeur, architecte... Il énonça plusieurs lois scientifiques et inventa de multiples dispositifs, dont le thermomètre à alcool.

Son ouvrage, *les Micrographia*, décrit les observations faites avec un microscope de sa fabrication pendant les deux années qu'il consacra à la biologie. Pour la première fois, était introduit le mot "cellule" en biologie.

Toutefois, ni Hooke, ni ses contemporains, comme le célèbre Malpighi, ne comprirent l'importance de cette notion, et c'est seulement au XIX<sup>e</sup> siècle qu'elle s'imposa. C'est Theodor Schwann (1810-1882), docteur en médecine et biologiste allemand, qui eut, en 1839, l'idée suivante : tous les êtres vivants sont formés d'un ensemble d'unités de construction de même type, les cellules.

Cette idée devait s'avérer des plus fécondes : le fonctionnement de tous les êtres vivants pouvait désormais s'analyser dans les mêmes termes, puisque l'unité de construction était commune.

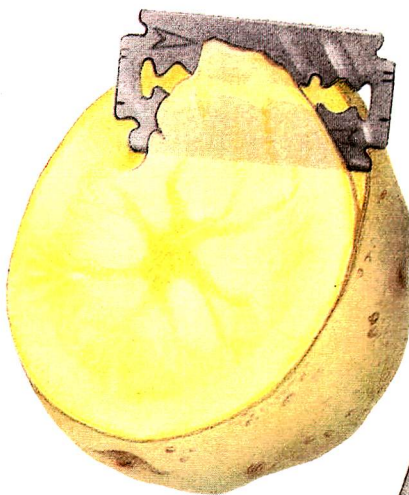
**La théorie de Schwann devait donner naissance à une synthèse unificatrice**, malgré ses nombreuses erreurs et imperfections, notamment sur la formation des cellules. Elle constitue, au même titre que la théorie atomique en physico-chimie ou celle du big bang en astrophysique, une des plus solides fondations sur lesquelles repose la biologie.

On peut la résumer ainsi : tous les êtres vivants sont constitués d'unités microscopiques, les cellules, et chaque cellule possède les pro-



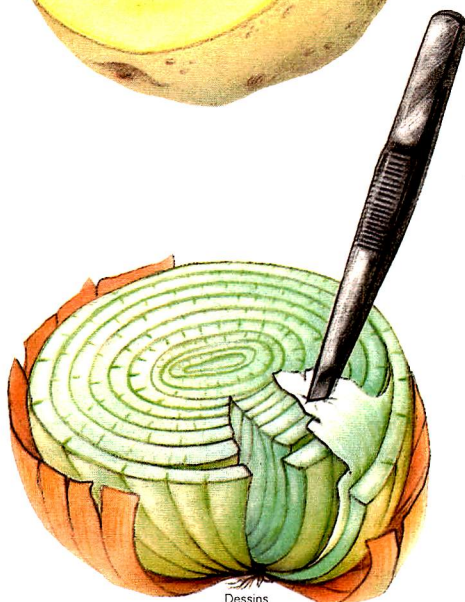
### La "gelée" de tomate

Ouvrir une tomate en deux et prélever, avec la pointe d'un couteau, un tout petit peu de pulpe, en prenant garde de ne pas prendre de graine. Déposer l'échantillon sur la lame, recouvrir d'une lamelle et presser légèrement pour que l'échantillon s'étale bien. On observe de très grandes cellules contenant un petit noyau, ainsi que des cristaux d'un pigment rouge. C'est la gélification de la paroi de ces cellules au cours de la maturation du fruit qui fabrique la "gelée" située entre les graines.



### L'amidon de la pomme de terre

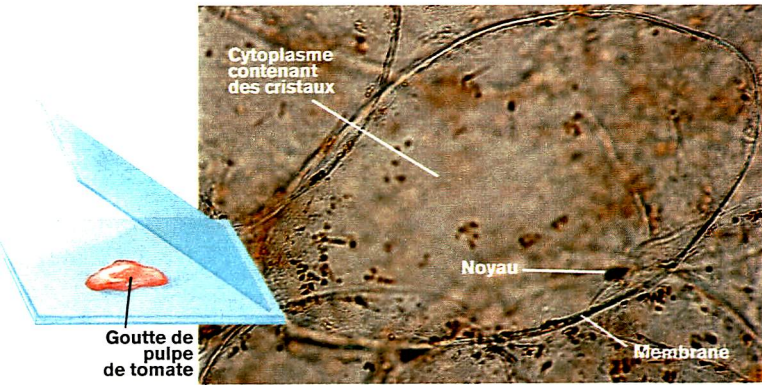
Couper en deux une pomme de terre et prélever un fragment (le moins épais possible) de chair avec une lame de rasoir. Déposer cette fine tranche sur une lame, et ajouter une goutte de teinture d'iode, d'alcool iodé ou de désinfectant à base d'iode très diluée. Presser sur la lamelle, légèrement pour ne pas la casser. Les cellules contiennent des petits grains d'amidon, colorés en bleu par l'iode.



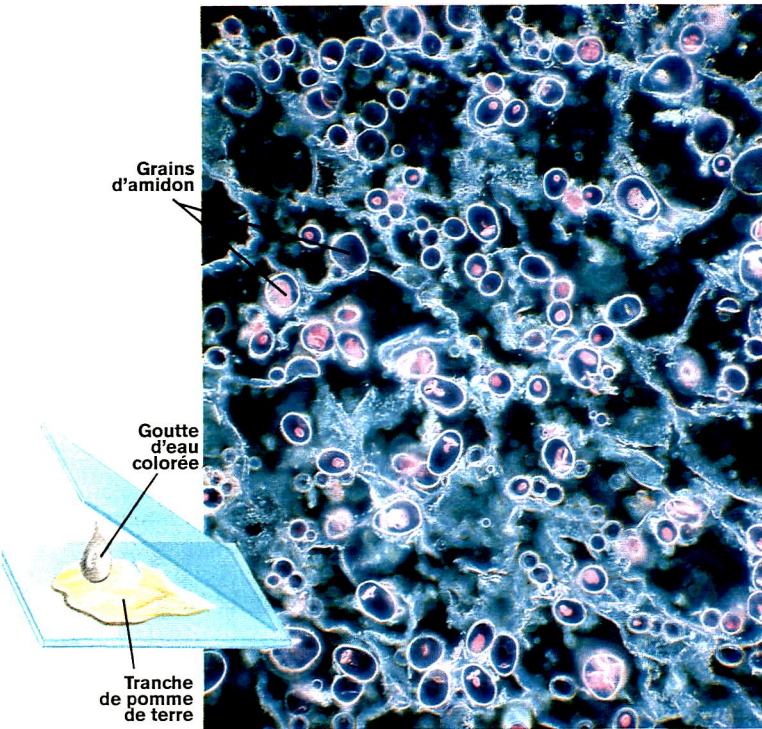
### Les "briques" de l'oignon

Couper un oignon en quatre. Enlever une des écailles et, avec une pince à épiler, soulever la mince pellicule qui la tapisse (c'est son épiderme). En découper un petit fragment et le déposer sur une lame dans une goutte d'eau. Recouvrir d'une lamelle. Les cellules jointives sont imbriquées comme les briques d'un mur.

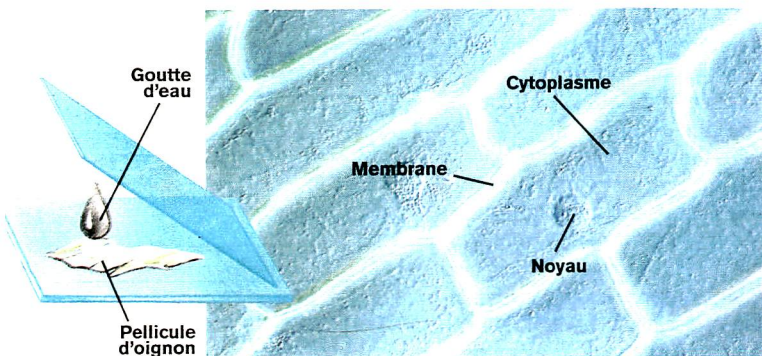




P. Jaugoudeau



A. & H. Friedler Michler/Science Photo Library



A. Syred/Science Photo Library

priétés caractéristiques du vivant. Chez l'homme, on évalue le nombre de cellules à 100 000 milliards, dont 100 milliards pour le seul cerveau ! A l'autre extrémité, certains êtres vivants microscopiques ne sont formés que d'une seule cellule.

Si nous voulons observer des cellules, n'importe quel échantillon d'être vivant peut faire l'affaire ; mais le microscope rudimentaire fabriqué le mois dernier ne permet pas de tout observer, ce qui limite notre choix.

Il va de soi que, si l'on dispose d'un instrument du commerce, les observations décrites ici n'en seront que plus confortables. Les cellules mesurent, en général, quelques dizaines de micromètres ( $1\mu\text{m} = 1/1\,000$  de mm). Nos exemples concernent des cellules particulièrement grandes ou faciles à préparer.

**Mais on pourra tester d'autres échantillons que ceux proposés ici.** Rappelons en effet que si l'observation est le point de départ de la démarche scientifique, la curiosité en est le moteur. Il faut cependant respecter les règles suivantes :

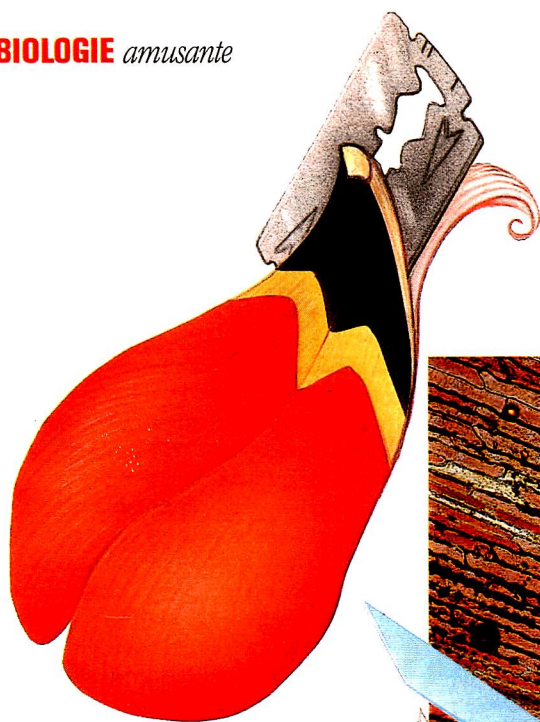
- l'échantillon, aussi petit que possible, doit être placé sur une lame porte-objet dans une petite goutte de liquide (eau ou glycérine) et recouvert d'une lamelle couvre-objet ;

- la préparation devra être explorée en déplaçant lentement la lentille pendant l'observation.

Divers produits courants peuvent être utilisés comme colorant : éosine, mercurochrome, alcool iodé ou teinture d'iode, encre bleue. Il sera souvent nécessaire de diluer le colorant avec de l'eau : c'est par tâtonnements que vous déterminerez la meilleure dilution.

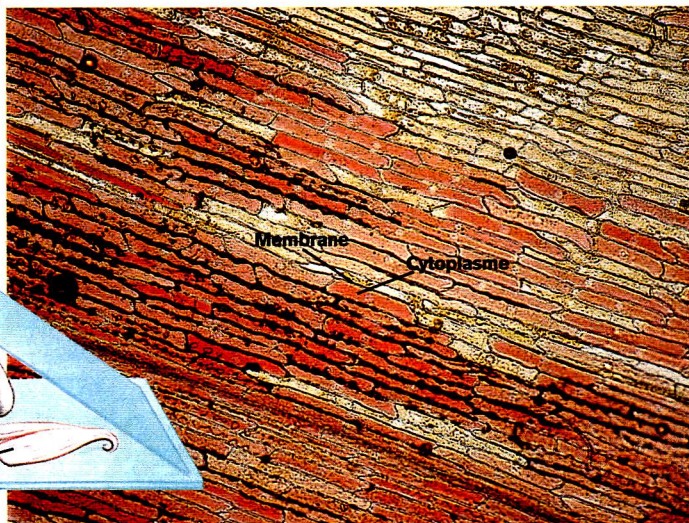
Il est également intéressant de colorer divers échantillons identiques avec ces différents produits car ils ne se fixent pas sur les





### Puzzle sur un pétale

Faire une incision peu profonde à la surface d'un pétale de fleur (tulipe, rose, lis, etc.) avec une lame de rasoir, et saisir avec une pince à épiler une petite partie de l'épiderme. Procéder ensuite comme pour l'oignon. Les cellules sont imbriquées comme les pièces d'un puzzle.



Goutte d'eau

Fragment de pétale de tulipe

*suite de la page 145*

mêmes structures cellulaires. On peut ainsi comparer les différentes observations.

Ajoutons qu'il est utile de réaliser un dessin de ses observations, au trait, en ne faisant apparaître que le principal : c'est grâce à leurs croquis que les observations de A. Van Leeuwenhoek, de R. Hooke et de T. Schwann sont parvenues jusqu'à nous...

Bien d'autres échantillons que ceux que nous avons illustrés ici sont bien sûr facilement observables. En voici quelques exemples à titre indicatif :

**La muqueuse buccale est constituée de cellules superficielles transparentes.** Pour les observer, gratter légèrement l'intérieur de la joue avec l'ongle ou tout autre instrument, et déposer un tout petit peu de la matière ainsi récoltée sur une lame porte-objet. Etant donné la transparence des cellules, il est nécessaire de déposer une goutte de colorant sur l'échantillon. On mélangera

ensuite avec une allumette, et on recouvrira avec une lamelle.

**La poussière verte qui tapisse souvent les troncs d'arbres,** même en ville, est constituée d'algues unicellulaires. En déposer un peu sur une goutte d'eau. Poser une lamelle, et observer... On découvrira un gros organite, le chloroplaste, qui a une couleur verte (due à la chlorophylle qu'il contient) et qui réalise la photosynthèse. Essayer la coloration par l'iode.

Pour observer les cellules de la banane, on procédera de la même manière que pour la pomme de terre. Comme cette dernière, la banane contient des réserves constituées d'amidon.

Ajoutons à ces exemples une liste (non exhaustive !) d'observations qui vous familiariseront peu à peu avec l'univers microscopique : les spores de champignons ou de fougères, les algues filamenteuses des mares et des ruisseaux, les feuilles de mousse, l'épiderme

de feuilles diverses (misère, poireau) prélevé avec la technique indiquée pour l'oignon, les poils urticants d'ortie, le pollen de fleur, la chair de carotte, etc.

On notera que les cellules d'origine végétale sont entourées d'une paroi épaisse (constituée surtout de cellulose) qui double leur membrane. Les cellules animales, quant à elles, sont en général plus difficiles à observer, car plus petites et plus fragiles. ■

*On peut se procurer auprès de Prosciencas (44 rue des Ecoles, 75005 Paris) une préparation toute faite de radiolaires, animaux unicellulaires marins qui possèdent des formes extraordinaires et permettent d'évaluer les performances du microscope par la richesse des ornements de leur enveloppe siliceuse. 25 F + 18 F de port.*

**LE MOIS PROCHAIN :**  
**La membrane,**  
**douane de la cellule**



N°3



# NATURE

NICOLAS HULOT REDACTEUR EN CHEF



## **VOLCANS**

J'ai vu  
couler le sang  
de la Terre

## **LA PROVENCE AUTREMENT**

À cheval, en vélo,  
en parapente...

En direct du  
propriétaire, les  
meilleurs produits  
du terroir

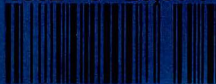
## **PUMA**

Le roi  
d'Amérique  
est un gros chat



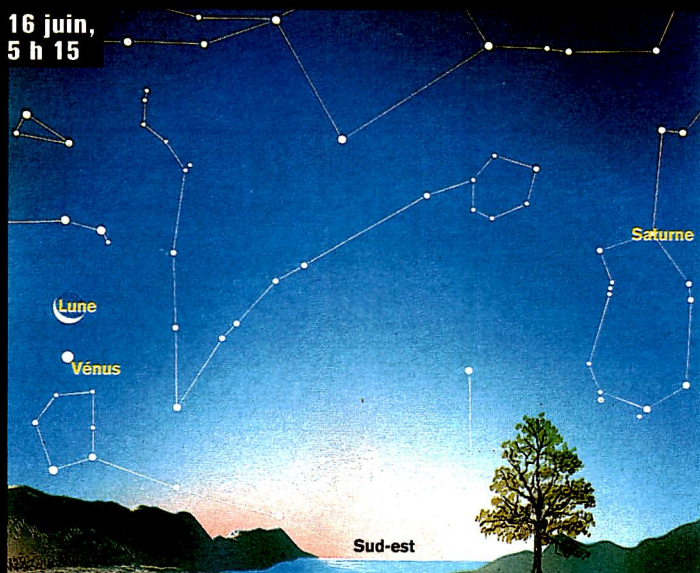
**PASSION:**  
**L'ENFANT  
ET L'AIGLE ROYAL**

1382 - 3 - 25,00 F

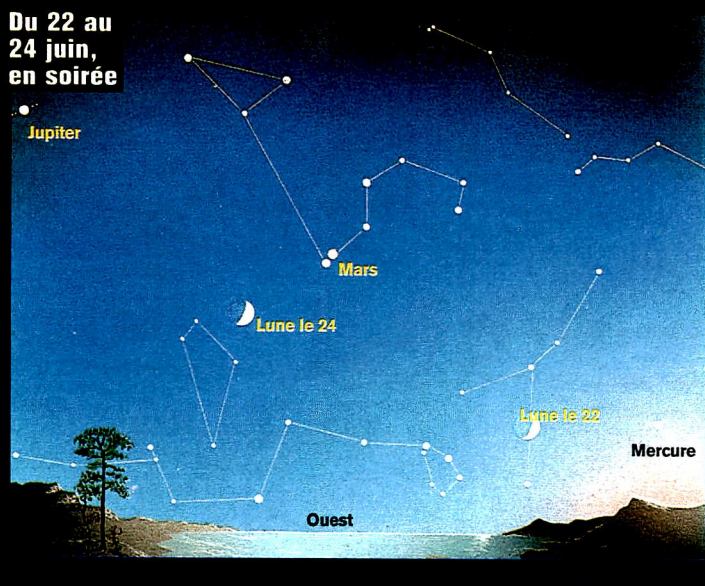




16 juin,  
5 h 15



Du 22 au  
24 juin,  
en soirée



## Rendez-vous du mois

**16 juin**, Vénus, qui nous présente un beau quartier, brille de tous ses feux dans le ciel matinal. Aux alentours de 5 h 15, on suit sa conjonction avec un fin croissant de Lune. A la mi-juin, elle se lève près de deux heures avant le Soleil.

**Du 22 au 24 juin**, la Lune est, tour à tour, en conjonction avec Mercure (le 22) et Mars (le 24). Mercure, dans la constellation des Gémeaux, est visible au crépuscule tout le mois. Mars, qui se couche plus de trois heures après le Soleil, est encore observable le soir. A ne pas manquer : sa conjonction serrée avec l'étoile Régulus de la constellation du Lion, le 22 en soirée.

## Mercure devant le Soleil

**Le 6 novembre prochain, la planète Mercure passera devant le disque solaire. Ce phénomène rare ne se produit que quelques fois par siècle.** Hélas, le passage de novembre 1993 ne sera pas observable depuis la France métropolitaine ; il faudra se trouver dans l'océan Indien ou le Pacifique. Il reste encore cinq mois à ceux qui voudraient se déplacer à cette occasion pour prendre leurs dispositions.

Les planètes Mercure et Vénus gravitent autour du Soleil entre la Terre et celui-ci. Si les orbites des deux planètes tournaient exactement sur le même plan que la Terre, il y aurait passage devant le Soleil à chaque conjonction inférieure, ou alignement entre le Soleil, les planètes et la Terre. Mais le plan des orbites est incliné, de  $7^\circ$  pour Mercure et de  $3^\circ 24'$  pour Vénus. Les passages ne peuvent donc se produire que lorsque, par le jeu de la mécanique céleste, la conjonction inférieure a lieu sur la ligne d'intersection des plans des orbites de Mercure et de la Terre, ou de Vénus et de la Terre. Cette ligne est appelée ligne des nœuds.

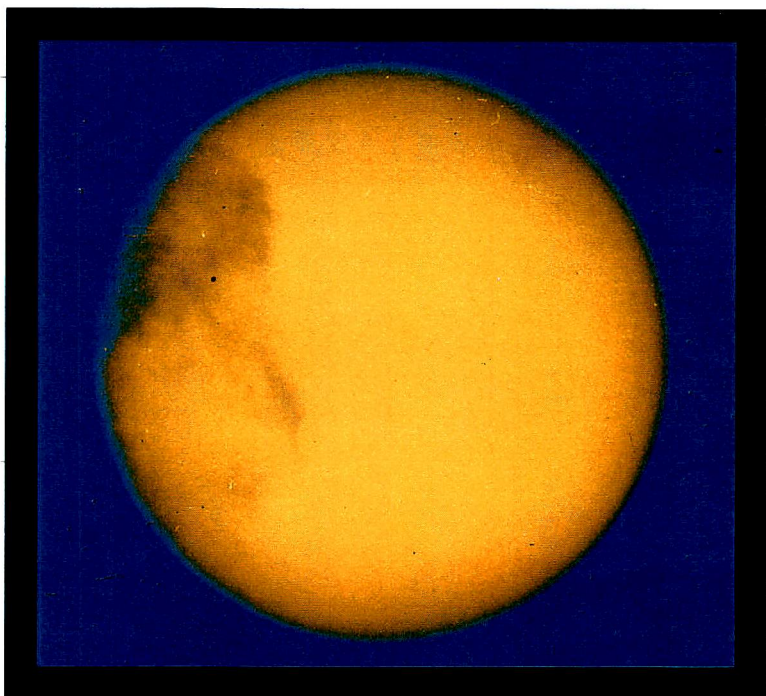
**En ce qui concerne les passages de Mercure**, la Terre traverse la ligne des nœuds chaque année vers le 8 ou 9 mai, puis vers le 10 ou 11 novembre. Si une conjonction inférieure coïncide, à quelques jours près, avec l'une de ces dates, il y a un passage devant le Soleil. Les conditions de passage en mai ou en novembre ne sont pas équivalentes. En raison de l'excentricité de l'orbite de Mer-



cure, en mai, la planète est près de l'aphélie, le point de son orbite où elle est au plus loin du Soleil ; en novembre, au contraire, elle se trouve au périhélie, au plus près du Soleil. Conséquence directe : la durée maximale du passage peut atteindre pratiquement huit heures en mai, contre cinq heures et demie en novembre (voir schéma). Au cours d'un siècle, on compte en moyenne treize passages de Mercure devant le Soleil. Ils s'effectuent selon une périodicité moyenne de 3, 7, 10, 13 ans. Il ne reste plus que deux passages avant la fin du siècle : le 6 novembre prochain, et le 15 novembre 1999.

Dans le cas de Vénus, il y a un passage lorsque la conjonction inférieure se produit au voisinage du passage de la Terre à la ligne des nœuds, qu'elle atteint chaque année vers le 8 décembre et le 6 juin. La durée du passage peut dépasser huit heures, dans le cas d'un passage central bien sûr. La théorie des passages de Vénus est identique à celle des passages de Mercure, mais les distances de Vénus au Soleil et à la Terre sont très différentes de celles de Mercure. D'autre part, Vénus n'est en conjonction avec chacun de ses nœuds que 163 fois par siècle, contre 416 fois pour Mercure. En conséquence, les passages de Vénus sont beaucoup plus rares que ceux de Mercure. Leur périodicité est de 8 ans, 121,5 ans, 8 ans, 105,5 ans. Il n'y eut aucun passage au cours du XX<sup>e</sup> siècle, et les prochains auront lieu le 8 juin 2004 et le 6 juin 2012.

L'observation des passages de Mercure et Vénus devant le Soleil est relativement récente ; il fallut attendre l'invention de la lunette astronomique pour cela. Les observations rapportées antérieurement concernant en fait des taches solaires visibles à l'œil

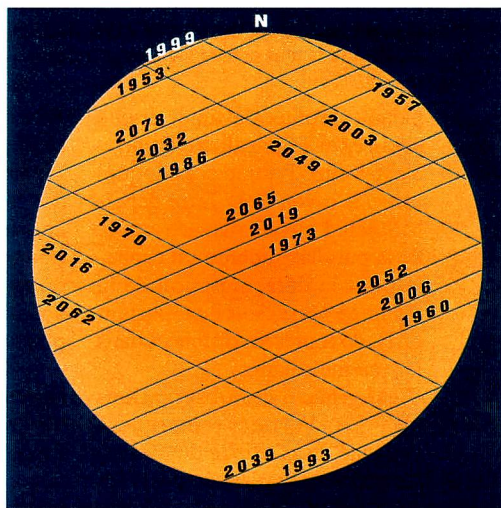


### A La Réunion

Le passage de Mercure devant le Soleil est un phénomène très rare et très difficile à photographier. Ci-dessus, une image obtenue par l'astronome amateur D. Jay, depuis l'île de La Réunion, le 13 novembre 1986.

### Passages de Mercure devant le Soleil

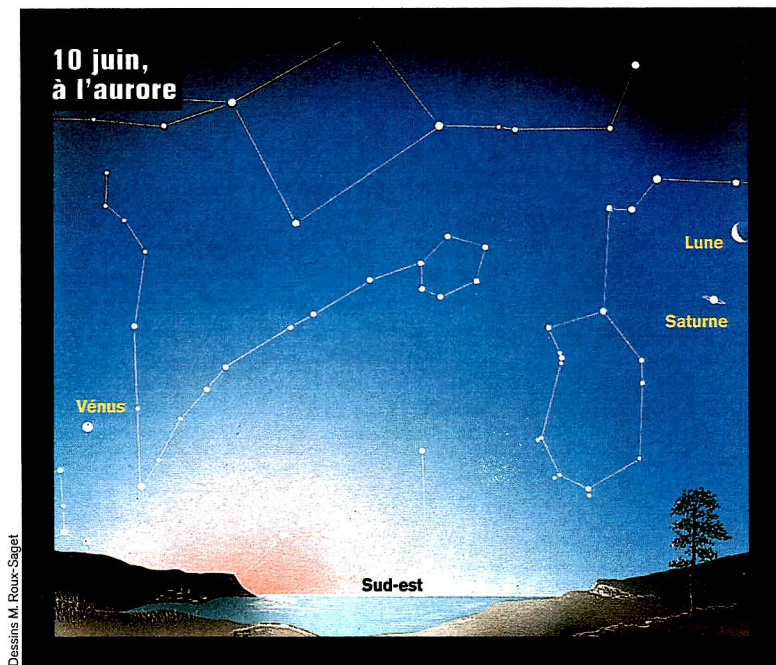
La durée du passage varie selon la trajectoire. Sur le dessin ci-contre, les traversées de Mercure devant le Soleil de 1953 à 2078.



nu. C'est Gassendi qui, le premier, relate un passage de Mercure le 7 novembre 1631. Celui du 6 mai 1753 sera suivi par Louis XV et toute la Cour depuis les terrasses du château de Meudon qui deviendra, bien des années après, un observatoire. Pour Vénus, c'est de 1639 que

date la première observation. A chaque fois, des expéditions scientifiques sont organisées lorsque le phénomène n'est pas visible depuis l'Europe car on a rapidement compris l'intérêt de ces observations. C'est essentiellement l'occasion de mesurer avec précision le diamètre de la ►





Dessins M. Roux-Saget

**Le 10 juin, Saturne se lève peu après minuit. La planète aux anneaux est alors en conjonction avec la Lune dans le ciel auroral. A la même date, on observe la plus grande élongation de Vénus.**

planète, profilée devant le disque solaire, et la parallaxe solaire, c'est-à-dire l'angle sous lequel est vu le rayon de la Terre depuis le Soleil. La connaissance exacte de la parallaxe solaire est capitale pour la détermination de la distance Terre-Soleil et, partant de là, de toutes les distances dans le système solaire.

C'est grâce à ces observations que Le Verrier remarquera l'avance du périhélie de Mercure, qui sera expliquée par Einstein grâce à la théorie de la relativité plus d'un siècle plus tard, ou que seront mises en évidence les fluctuations de la vitesse de rotation de la Terre.

**De nos jours, l'observation de ces phénomènes** ne requiert pas autant d'efforts. En quelques heures d'avion, on peut se retrouver à l'endroit idéal avec toutes les facilités souhaitables.

Ainsi, le prochain passage de Mercure sera observable depuis La Réunion, l'île Maurice, l'Indonésie, les Philippines, l'Australie, l'Inde et le Sud-Est asiatique. Pour ceux qui auront la chance de se trouver dans ces contrées, voici comment se déroulera le phénomène.

**On distingue différentes phases, comme pour une éclipse totale de Soleil.** Le premier contact extérieur est l'instant où le bord du disque de Mercure est tangent au disque solaire : c'est le commencement de l'entrée du disque de Mercure sur le disque solaire. Le premier contact intérieur correspond à la fin de "l'entrée" du disque de Mercure sur le Soleil. Le deuxième contact intérieur situe le début de la "sortie" du disque de Mercure. Le deuxième contact extérieur est la fin de la sortie du

disque de Mercure et, bien sûr, la fin du phénomène.

Les heures diffèrent selon le lieu et, à titre d'exemple, voici celles du seul département français où le phénomène sera observable, La Réunion : premier contact extérieur à 3 h 04 min 57 s ; premier contact intérieur à 3 h 10 min 41 s ; deuxième contact intérieur à 4 h 42 min 52 s ; deuxième contact extérieur à 4 h 48 min 35 s. Ces heures sont indiquées en temps universel (TU). Pour obtenir l'heure locale, ajouter quatre heures.

**Au début du phénomène,** le Soleil se trouvera à une hauteur de 20° au-dessus de l'horizon, excellente condition qui garantit un bon dégagement des brumes matinales éventuelles. A la fin, la hauteur sera de 44°. De plus, n'oublions pas que nous serons en novembre, période qui, dans l'hémisphère sud, correspond au milieu de notre printemps boréal. Les amateurs locaux ont de grandes chances d'avoir un ciel clair à cette époque !

Le diamètre apparent de Mercure le 6 novembre 1993 sera de 10 secondes d'arc, ce qui la rend visible dans les instruments d'amateurs à partir de 60 mm de diamètre, pourvu qu'ils soient équipés d'un filtre solaire. Bien entendu, la photographie est possible et s'apparente à celle du Soleil. En ce sens, pour mettre tous les atouts de son côté, il conviendra de faire des essais plusieurs semaines à l'avance pour déterminer le bon temps de pose. ■

**LE MOIS PROCHAIN :**  
**Les satellites des planètes**

#### **Voyage d'observation.**

Passage de Mercure devant le Soleil à l'île de La Réunion du 30 octobre au 10 novembre 1993. Dossier d'information : "Mercure. La Réunion 93", gratuit pour les lecteurs de Science & Vie, sur demande à la Maison de l'Astronomie, 33 rue de Rivoli, 75004 Paris.



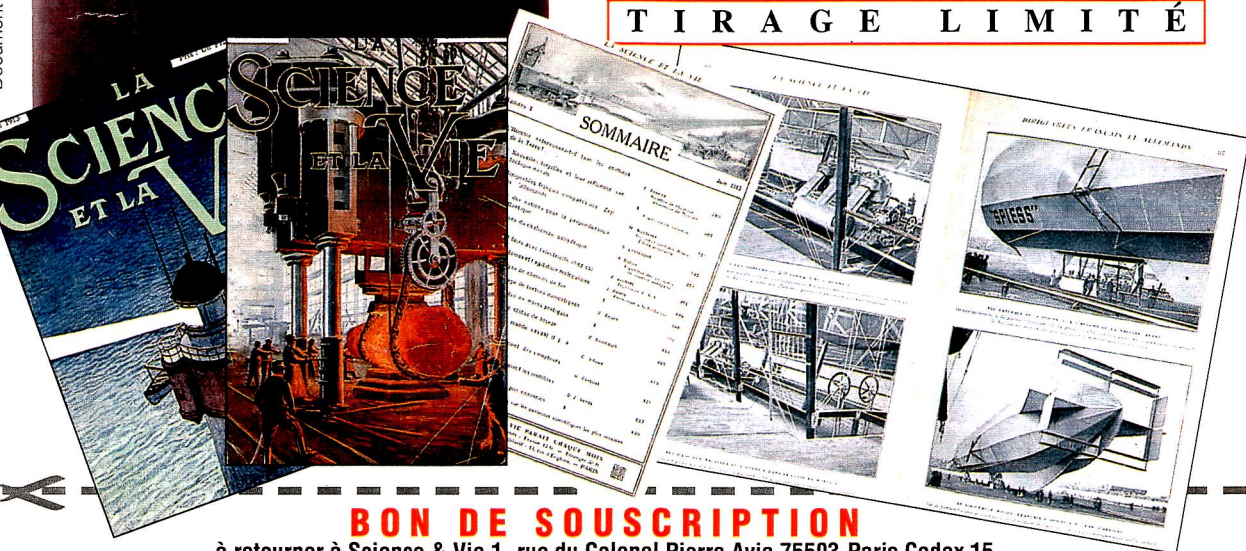
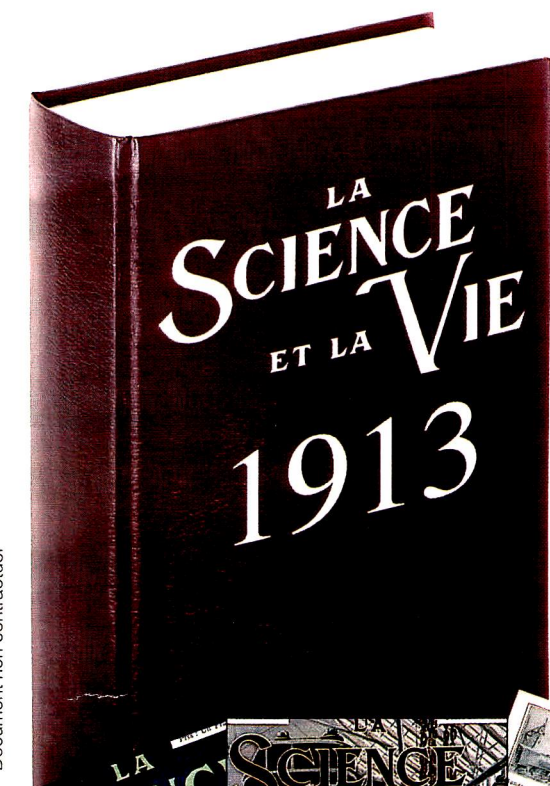
# 1913-1993 SPÉCIAL ANNIVERSAIRE : OFFREZ-VOUS LA COLLECTION DE TOUS LES NUMÉROS DE 1913 DE LA SCIENCE ET LA VIE ENFIN RÉÉDITÉE EN ÉDITION RELIÉE.

**LES 9  
PREMIERS  
NUMÉROS :  
1400  
PAGES**

**370<sup>F</sup> SEULEMENT !**

A l'occasion de son 80<sup>ème</sup> anniversaire, Science & Vie réédite en tirage limité les neuf premiers numéros de LA SCIENCE ET LA VIE parus en 1913. Cette réédition exceptionnelle réunira, en un superbe volume relié façon cuir, 9 couvertures couleurs et 1400 pages de l'actualité scientifique et technique d'une année charnière de notre histoire. Véritable témoin du temps passé cet ouvrage vous passionnera par sa richesse et vous étonnera par l'intérêt historique de ses analyses. Tiré en nombre limité, il vous sera livré, avec son certificat d'origine, directement à votre domicile dès septembre.

**T I R A G E   L I M I T É**



## BON DE SOUSCRIPTION

à retourner à Science & Vie 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris Cedex 15

**OUI** je désire recevoir la réédition en un volume relié plein cuir des neuf premiers numéros de LA SCIENCE ET LA VIE (année 1913) au prix de 370 F (TVA à 5,5%) + 25 F de port.

● Ci-joint mon règlement total d'un montant de 395 F TTC.

J'ai bien noté que la livraison interviendra courant septembre 1993.

Nom \_\_\_\_\_ Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_

Si vous êtes abonné à SCIENCE & VIE, merci de nous indiquer votre numéro d'abonné :

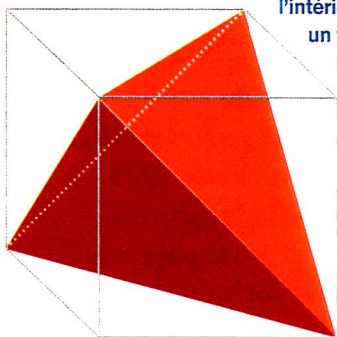
Conformément à la législation en vigueur, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification pour toute information vous concernant sur tout fichier à usage commercial.



## Voici le Tétra-simple

Voici l'occasion de voir simplement un problème qui pourrait être traité de manière complexe. A

l'intérieur de ce cube, un tétraèdre est délimité par quatre plans, passant chacun par un sommet et la diagonale d'une face. Presque sans poser de calcul, à vue de nez, saurez-vous dire quelle portion du volume du cube est occupée par le tétraèdre ?



## Le Big Morpion Bang

Le moment semble venu de se lancer dans l'expansion irrésistible de l'univers du Morpion solitaire. Après plusieurs années d'éclipse, au cours desquelles les bons esprits ont cru intéressant de se passionner pour l'informatique et de programmer eux-mêmes leurs logiciels, et alors que ces bons esprits sont maintenant à la recherche de tâches désintéressées à la hauteur de leurs possibilités, rien ne peut mieux répondre à leur attente que les jeux mathématiques et en particulier cet univers-ci, à la fois élémentaire, complexe et fascinant.

Tout se passe sur un papier quadrillé et part d'un noyau primordial, composé de 36 croix, disposées elles-mêmes en croix, comme le montre la figure 1. Le jeu consiste à jouer au Morpion tout seul sur ces bases.

La pratique a permis de dégager quelques règles qui assurent un jeu intéressant et permettent de comparer les résultats des divers joueurs :

- chaque coup consiste à

poser une nouvelle croix sur la feuille, pour compléter un alignement avec 4 croix posées auparavant, puis à matérialiser l'alignement d'un trait de crayon ;

- deux croix déjà liées dans un alignement ne peuvent faire partie d'un autre alignement ;
- deux alignements peuvent être bout à bout, avec une croix en commun ;
- une même croix peut faire partie de plusieurs alignements dans des directions différentes ;
- lorsque la pose d'une croix réalise la complétude de plu-

sieurs alignements, cela ne compte que pour un coup de jeu (la réalisation de ces divers alignements d'un seul coup n'implique pas une sorte de capital de coups à jouer, utilisables par exemple plus tard, lorsque la situation

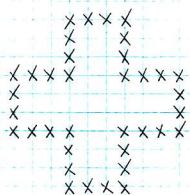
ainsi un début de partie.

Attention : l'action débute dans l'euphorie, car de nombreux coups sont évidents dès le départ, mais la suite est rapidement plus délicate. Les vrais stratèges ne s'y tromperont pas et réfléchiront dès le début.

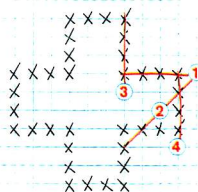
Selon votre tempérament et vos options esthétiques fondamentales, vous tenterez une expansion symétrique autour du centre, ou totalement orientée vers une direction privilégiée, mais ne vous découragez pas trop vite : il est possible de largement dépasser les 100 coups. Nous publierons les meilleures grilles.

Existe-t-il une limite théorique ? Un intérêt philosophique de cette activité, moins futile qu'il n'y paraît, est qu'elle est une lointaine cousine des "automates cellulaires". Ces structures géométriques permettent de modéliser les vies et les croissances de l'Univers ou des ensembles biologiques. Elles se composent de "germes" et de règles de développement ou de reproduction. Elles sont nos meilleurs outils pour réfléchir sur l'avenir des univers, des êtres vivants, des machines (pourront-elles se reproduire ?), des structures sociales et même sur l'avenir du temps.

1



2



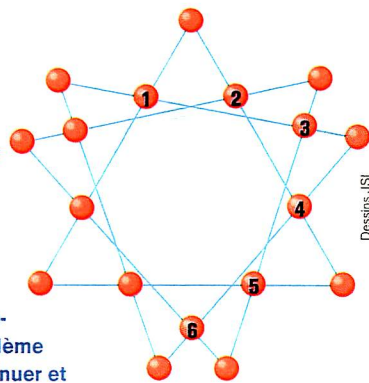
est bloquée).

Pour plus de commodité et pour évaluer rapidement le résultat d'une grille, chaque nouvelle croix au-delà des 36 premières est figurée par un nombre. La figure 2 montre

## Magie sur l'étoile

Cette figure fait partie de la grande famille des figures magiques. Ici, chaque cercle doit comporter un nombre différent entre 1 et 25, et chaque ligne doit totaliser une même somme.

Commençons en disposant les premiers nombres, dans l'ordre, autour du centre, comme l'indique la figure. Il serait dangereux de continuer sur cette voie : le problème n'aurait plus de solution. Comment continuer et quelle sera la somme commune sur tous les alignements ?



Dessins JSI



## Les solutions du n° 908

● **Les sept maisons : considérons l'année de la quatrième maison, celle du milieu.** Elle est égale à la moyenne de celle qui la précède et de celle qui la suit. *Idem* pour les deux autres couples. Cette année est donc le septième de la somme, soit 1950. La première année se situe vingt et un ans plus tôt : en 1929.

● **L'escargot et l'infini : au cours de la première seconde, l'escargot aura parcouru 1 mm**, alors que la longueur AB du trajet à effectuer représente un million de mm ; cette première seconde écoulée, il aura donc effectué la millionième partie du parcours. De même, au cours de la deuxième seconde, l'escargot aura franchi un nouveau millimètre, alors que AB en représentera cette fois deux millions ; il aura donc parcouru pendant cette deuxième seconde un deux-millionième du cordon.

La troisième seconde le verra parcourir un trois-millionième et la  $n$ -ième seconde un  $n$ -millionième de l'élastique. Au total, de la première à la  $n$ -ième seconde, le limaçon aura parcouru une distance équivalente à  $1/1\ 000\ 000 + 1/2\ 000\ 000 + 1/3\ 000\ 000 + \dots + 1/n$  millions de cordon. Il l'aura franchi d'un bout à l'autre si la valeur de cette somme atteint l'unité. Or, la série  $1/1 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/n$  tend vers l'infini quand  $n$  y tend lui-même (si ce savoir ne vous a pas atteint, des formules pourront vous en convaincre). Il en est donc de même de la série précédente : l'infini divisé par un nombre quelconque est toujours l'infini. On peut donc affirmer que la somme

$1/1\ 000\ 000 + 1/2\ 000\ 000 + \dots + 1/n$  millions passera par la valeur 1 pour  $n$  suffisamment grand, avant d'atteindre des valeurs plus élevées encore. Ainsi, par grignotages successifs, infimes mais persistants, l'escargot parviendra à parcourir le cordon tout entier, en dépit de sa vitesse dérisoire comparée à la fantastique expansion de la piste élastique.

Les premiers termes de la somme  $(1/1 + 1/2 + \dots)$ , dite "série harmonique", sont 1 ; 1,5 ; 1,833 ; 2,083 ; 2,283... (le dixième est 2,928).

● **Le vélo : tout le problème est de savoir par rapport à quoi on tire cette pédale inférieure.** Par rapport au cadre ou par rapport au sol ? Dans le premier cas, où le point d'appui est lié au cadre, la force dirigée vers l'arrière ne s'exerce qu'entre la pédale et le cadre, elle tend à faire tourner le pédalier dans le sens horaire et le vélo avance puisqu'aucune résistance ne s'oppose à ce mouvement.

Dans le second cas, point d'appui lié au sol – un élastique très long tendu entre la pédale et le pied d'un arbre – la force s'exerce entre le vélo tout entier et le sol, et tend à faire reculer le vélo. C'est d'ailleurs ce qui se passe puisque dans ce mouvement la pédale recule moins vite que le cadre, car le bras de pédalier est plus court que le rayon de la roue, et le plateau est plus grand que le pignon arrière. Cette fois, le pédalier tourne dans le sens anti-horaire. Le paradoxe vient de ce que, dans le premier cas, la pédale inférieure avance par rapport au sol mais recule par rapport au cadre, alors que, dans le second cas, elle avance par rapport au cadre mais recule par rapport au sol. ■

Des revenus trimestriels nets d'impôt

# 9,80 % pour vous, 0% pour votre percepteur\*.

## 1 Des revenus chaque trimestre.

Votre capital (minimum 30 000 FF) génère des intérêts qui sont immédiatement réinvestis. A la fin de chaque trimestre, nous vendons le montant correspondant à la performance réalisée. Vous le recevez automatiquement sur votre compte bancaire.

## 2 Des revenus élevés.

Le Compte à Revenus Périodiques est investi dans des obligations et produits de trésorerie français et bénéficie ainsi d'une performance sûre et élevée.

## 3 Des revenus nets d'impôts\*.

Dans le cadre fiscal actuel, vous pouvez toucher jusqu'à 166 000 FF\* par an totalement exonérés d'impôt.

## 4 Votre argent reste disponible.

Les montants qui vous sont versés n'entament jamais votre capital. Et à tout moment vous pouvez le récupérer sans payer aucun droit de sortie.

## 5 L'expertise du Groupe Robeco.

Le Groupe Robeco est aujourd'hui le 1<sup>er</sup> investisseur indépendant européen et gère plus de 140 milliards de francs. Le savoir-faire reconnu de ses experts et la solidité financière du Groupe garantissent la performance et la sécurité de votre capital.

\* 9,80% : Performance du 31/12/91 au 31/12/92.

0% : les revenus de votre épargne ne sont pas imposables tant que le montant total des cessions ne dépasse pas le seuil fixé en fin d'année par la Loi de Finances (environ 166 000 F en 1993).

### Demandez votre dossier d'information

- Renvoyez le coupon ci-dessous dûment complété
- Téléphonez au (1) 49 00 33 00

**Exemple : avec  
200 000 F investis et  
une performance de  
9,80 %, vous recevrez  
nets de frais chaque  
trimestre 4 583 F**

**GRUPE ROBECO**

INVESTIR OÙ IL FAUT, QUAND IL FAUT.

☐ **OUI**, je souhaite recevoir sans aucun engagement un Dossier d'Information complet.

Nom

Prénom

Adresse

Code postal  Ville

A retourner **sans affranchir** à Groupe Robeco (France)  
Libre-réponse n°8 - 92089 Paris La Défense 2.

Conformément à la loi du 6/01/1978, relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification en vous adressant au Groupe Robeco.

Par Roger Bellone et Paule Sully



## 1 Super zoom pour un Espio

Pentax lance le troisième appareil 24 x 36 de la gamme Espio, le modèle 115. C'est le plus perfectionné, avec son zoom 4-8 de 38 à 115 mm. Malgré cette longue variation de focale, l'objectif reste compact, grâce à deux lentilles asphériques sur les neuf du système optique. Du type macro, il autorise la prise de vue rapprochée à 45 cm du sujet. L'Espio 115 est doté de tous les automatismes : mise au point, exposition de 1/5 s à 1/400 s, codage DX pour films de 25 à 3 200 ISO, flash intégré, transport du film (avance et rembobinage), affichage des informations sur écran à cristaux liquides. A cela, ajoutons le mode panoramique (for-

mat 13 x 36 mm sur film 24 x 36 mm), le réglage du viseur de - 3 à 1 dioptrie (pour les porteurs de lunettes), une commande à distance en option, la surimpression, la pose B, la prise de vue en continu et un retardateur. 2 990 F

## 2 Des enceintes pour une haute musicalité

La qualité du son restitué en haute-fidélité dépend des performances des enceintes acoustiques, dernier maillon de la chaîne musicale. Rien d'étonnant à ce que les constructeurs fassent dans ce domaine un effort d'innovation et d'amélioration particulier. L'américain JBL, du groupe Harman International, vient de lancer à l'intention des mélomanes exigeants une série

d'enceintes TI conçues pour assurer une réponse uniforme et pratiquement sans distorsion du grave à l'aigu. Trois modèles sont proposés, avec une réponse en fréquences dans l'axe de 80-20 000 Hz à  $\pm 2$  dB. Ils diffèrent d'abord par la puissance recommandée de l'amplificateur à utiliser : 50-150 W pour le modèle TI 1000, 50-200 W pour le TI 3000 et 50-300 W pour le TI 5000. Ensuite, par l'équipement : deux haut-parleurs avec le TI 1000, trois avec le TI 3000 et quatre avec le TI 5000, ce qui permet de descendre la restitution des basses à 50 Hz à - 6 dB avec la première enceinte, à 40 Hz avec la seconde et à 30 Hz avec la troisième.

8 490 F, 14 990 F et 19 990 F

## 3 Un prix très... compact

Appareil 24 x 36 "jetable" ou modèle classique ? L'écart de prix entre les premiers et les seconds diminue, puisque certains jetables dépassent les 100 F alors que le prix des 24 x 36 rechargeables les plus simples est tombé à moins de 200 F. Tel est le cas de l'Hanimex IC 2000, qui possède incontestablement plusieurs avantages sur un jetable : objectif plus lumineux (5,6/35 mm), entraînement motorisé du film, viseur collimaté, flash incorporé et possibilité d'employer des émulsions de 100 à 400 ISO (la sensibilité s'affiche automatiquement sur l'appareil). Le choix semble donc





4



5

6

aller de soi. D'autant que chaque film alimentant un modèle classique coûte la moitié du prix d'un appareil jetable. **199 F**

#### 4 Le baladeur CD du voyageur

Le combiné radio-lecteur de disque compact SL-PH2 de Panasonic assure un confort d'utilisation maximal, aussi bien chez soi qu'en voiture ou au bureau. Sa forme lui donne en effet une stabilité parfaite, son écran orientable à cristaux liquides éclairés affiche des données en grand format (ce qui les rend visibles d'assez loin) et son horloge numérique en fait, de plus, un radio-réveil. Le lecteur assure une restitution linéaire du signal

audio, et donc une bonne musicalité, grâce à un convertisseur 1 bit. Le tuner recherche automatiquement les stations radio et permet de mémoriser jusqu'à 7 émetteurs FM et 7 PO. Doté de haut-parleurs de 8 cm de diamètre, l'appareil mesure environ 3 x 7 x 16 cm et pèse 1,2 kg. **1 990 F**

#### 5 Dictée de poche

Les dictaphones de poche permettent d'enregistrer un texte. Ensuite, pour la transcription, il faut placer la cassette dans un lecteur spécial, généralement équipé d'une commande au pied, par pédale. Philips vient de grouper ces deux appareils en un seul, le Voice Tracer

Transcripteur 193 T. Le système comporte un micro-magnétophone pouvant enregistrer et lire, une pédale dactylographique pour la transcription de l'enregistrement, un écouteur pour contrôler cet enregistrement et une mini-cassette standard. De forme ergonomique, le Voice Tracer 193 T a la taille d'un paquet de cigarettes. Toutes les commandes (avance, retour, lecture, enregistrement, arrêt, effacement partiel ou total) se font d'une seule main - et même à distance, grâce à la fonction "mains libres" qui déclenche l'enregistrement à la voix jusqu'à cinq mètres (réunions, cours, conférences, etc.). Enfin, un signal d'avertissement prévient quand il n'y a pas de cassette dans le boîtier ou que l'on est en fin de bande. **990 F**

#### 6 Autoradio-magnétophone

Dernier-né des autoradios de Grundig, le WKC 3905 RDS est un modèle conjuguant la technique du RDS (Radio Data System, pour la transmission de données numérisées, notamment d'informations routières) et une façade détachable (contre le vol). Cet appareil est équipé d'un amplificateur d'une puissance de 4 x 20 W efficaces. Parmi ses caractéristiques, mentionnons le tuner à 36 présélections (6 PO, 6 GO, 6 MF, 18 MF-RDS), le lecteur de cassette "autoreverse", l'affichage sur écran à cristaux liquides et le réducteur de bruit (Dolby B).

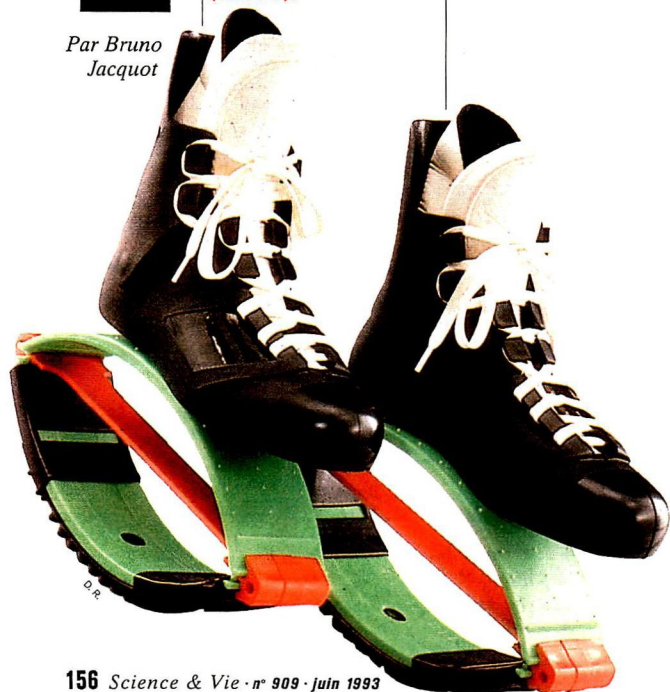
**2 200 F**

# LES OBJETS DU MOIS

Par Bruno Jacquot

## ▼ Des chaussures à ressorts

Après les chaussures sur coussins d'air, voici les chaussures de sept lieues. Les semelles des Exerlopers sont équipées de deux lames elliptiques. A chaque pas, elles se détendent, propulsant le coureur vers le haut. Selon le fabricant, les ressorts absorbent les chocs et permettent de courir plus vite. Avec quelques entorses en prime ? Par correspondance chez Nordic Track (Chaska, Minnesota), environ 200 dollars la paire (1 000 F).



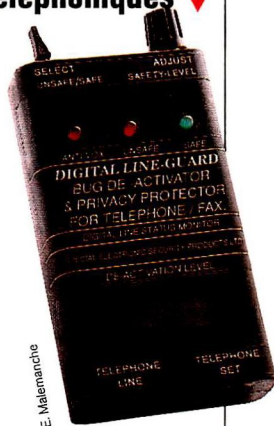
## ▲ Un moteur pour plongeurs

Sur les flots bleus, il file ses trois nœuds pendant deux heures, avec seulement 1,5 litre d'essence dans son réservoir. L'Aquadiver 600 (2 CV, 50 cm<sup>3</sup>) n'est pas un moteur sous-marin. Il permet aux plongeurs d'atteindre la zone de plongée sans fatigue. Mais il peut aussi tirer un baigneur installé sur un matelas pneumatique ou transformer en hors-bord une barque ou un canoë. Ce poids plume (il ne pèse que 6 kg) s'utilise en toute sécurité : l'hélice est enfermée dans le pot d'échappement annulaire. 4 200 F, dans les boutiques de plongée et d'accastillage ou auprès du distributeur (Images, à Gonesse).



## Un brouilleur d'écoutes téléphoniques ▼

Pour ceux que les récentes affaires d'écoutes incitent à la méfiance, voici le Line Guard, un appareil aux allures de petit talkie-walkie qui nous vient d'Israël. Branché entre la prise téléphonique et le combiné (ou le télécopieur), il maintient en permanence sur la ligne une tension de 50 volts, qui chute d'ordinaire à 18 volts quand il y a prise de ligne. Cette chute de tension, qui sert de signal aux espions, est donc supprimée. Le Line Guard perturbe



aussi les fréquences radio, neutralisant ainsi les micros installés dans la pièce. Pour brouiller l'écoute des indiscrets, il vous en coûtera 9 000 F. A la boutique Link (Paris).



## ▼ Un simulateur de grossesse

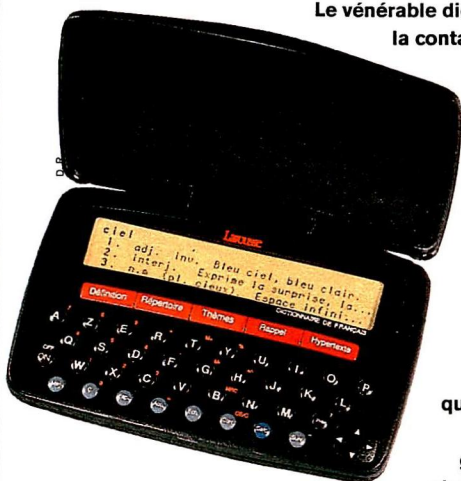
En endossant le "gilet" Empathy Belly (ventre rond), tout mâle normalement constitué se retrouve dans la peau d'une femme enceinte. Ses divers accessoires (réservoir d'eau chaude, poids qui comprime la vessie, faux seins...) grèvent le corps de 16 kilos et recréent les sensations les plus gênantes de la grossesse. Ce vêtement à attendrir les machos est utilisé outre-Atlantique par des "conseillères prénatales", mais aussi dans des actions d'information auprès des adolescents. Par correspondance, chez Birthways (Redmond, Washington), 600 dollars environ (3 200 F).



D. R.

## ▼ Un Larousse à puces

Le vénérable dictionnaire n'a pas échappé à la contagion de l'électronique. Il ne pèse plus que 190 grammes et tient dans la main. Il corrige l'orthographe et donne la définition de 50 000 mots. Les cruciverbistes apprécieront la fonction "joker" : on tape les lettres connues et un point d'interrogation à la place des manquantes, et le Larousse propose alors les mots possibles. A quand la fonction "scrabble" ? 990 F, en librairie, dans les grands magasins, à la FNAC, chez Darty et aux Trois Suisses.



## ▼ Une tondeuse douée de raison

La tondeuse Atawa A34 décharge les amateurs de jardinage de la corvée de pelouse. Cette machine (71 x 92 x 53 cm) "intelligente" est programmable. Une fois lancée, elle se dirige seule grâce à ses capteurs tactiles, magnétiques et infrarouges. Ecologique, elle fonctionne à l'énergie solaire (batterie de

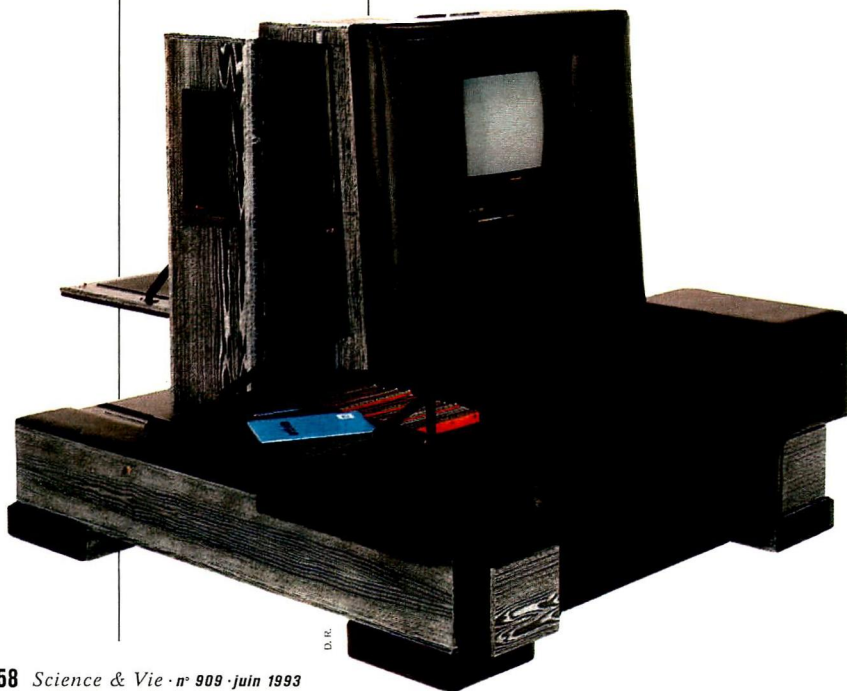
12 volts). Mais elle est quand même rechargeable sur secteur. Discrète (niveau sonore inférieur à 50 décibels), elle peut travailler le jour du Seigneur dans les zones urbanisées. Inconvénient : elle est assez lente (7 m par minute). 22 000 F, chez les revendeurs Eno.



E. Malomanche

## ▼ Un meuble-appartement

Le Big Boss a la taille de ses ambitions : dans cet imposant meuble en frêne, de 2 m de côté et 1,70 m de hauteur, sont réunis un secrétaire et un canapé-lit, ainsi que divers accessoires : quatre coffres de rangement, deux tiroirs, un coffre-fort, une penderie, une chaîne hi-fi, une télévision, un magnétoscope. Il n'y manque que la baignoire. Le prix de cette "folie" est à la mesure de sa démesure : **50 000 F**. Distribué par la société Big Boss & Cie (Nanterre).



## ▼ Une arme olfactive

Pour Madame, un système d'autodéfense dissuasif et non violent. La capsule Rapel se porte en sautoir ou accrochée à la bretelle du soutien-gorge. Elle contient un composé chimique tenu top secret. Une fois la capsule brisée, se dégage une puanteur insoutenable (nous pouvons en témoigner). Un bon nez reconnaîtra, entre autres, l'odeur du caoutchouc brûlé, de la charogne, de l'oignon. Mais est-ce assez pour mettre un agresseur décidé en déroute ? La dose de désodorisant fournie est peut-être un peu juste... **199 F** le coffret. Distribué par Personal Guard (Paris).



## ▲ Un couteau pour fumeur

Version taïwanaise du couteau suisse, l'Explorer abrite dans son manche en plastique une boussole, une lampe de poche et un allume-cigarette. Il fonctionne avec deux piles AAA. **120 F**, à la boutique de la Cité des sciences et de l'industrie.



# LIVRES

Jean-Pierre Poirier

## Lavoisier

Préface d'Alain Peyrefitte,  
de l'Académie française

Pygmalion/Gérard Watelet,  
545 p., 178 F

Coiffé de divers titres et préfacé par Alain Peyrefitte, l'ouvrage se propose de présenter non pas l'œuvre du grand savant que Pasteur appelait "le législateur de la chimie", mais l'homme, qui est bien moins connu que sa médaille. Antoine-Laurent de Lavoisier exerça, en effet, bien d'autres activités que celle de chimiste : ce fut essentiellement un administrateur du bien public, spécialisé dans le tabac et les poudres, le créateur de l'administration de l'Agriculture, qui préfigura le ministère du même nom, un économiste et un banquier. Sa gestion des deniers publics ne fut pas rigoureuse ; en effet, il en tira des bénéfices, certes consentis par l'Ancien Régime, mais que l'éthique révolutionnaire ne voulut pas admettre. Un audit nommé Dupin fit sur lui un rapport sectaire et désastreux, et les mérites de savant et de démocrate de Lavoisier pesèrent moins que les accusations d'appropriation du bien public. Une belle tête roula dans le son, et le sang entacha gravement, pour les siècles suivants, l'honneur révolutionnaire.

Armé de sources inédites, Poirier présente un portrait déconcertant de son homme : sec, cérébral, arriviste, parlant de justice sociale et courant les honneurs ; Lavoisier n'en sort pas grandi. Et l'on souffre secrètement qu'une telle cervelle n'eût pas habité un personnage plus séduisant. Mais

enfin, la vérité est la vérité, et, pour la restituer, l'auteur ajoute son talent à des scrupules d'historien qui forcent l'estime.

G. M.

N.B. : nos lecteurs pourront se reporter utilement au dernier numéro des "Cahiers de Science & Vie", consacré à Lavoisier.

## Rogelio Maduro et Ralf Schauerhammer Ozone :

### un trou pour rien

Préface de Haroun Tazieff

Alcuin, 278 p., 145 F

Le titre est révélateur : les auteurs nient en bloc la théorie selon laquelle la couche d'ozone est grignotée par les CFC dégagés par les bombes aérosol, les réfrigérateurs, etc. On ne s'étonnera donc pas que l'ouvrage comporte une préface de Haroun Tazieff, l'une des rares autorités (mais pas dans ce domaine !) à nier ce phénomène atmosphérique. Pour Tazieff, «l'ozone stratosphérique n'est nullement menacé de disparaître. Ceux qui, depuis dix ans, s'efforcent de le faire croire trahissent la vérité scientifique.» Cette vérité nous serait-elle cachée ? Maduro et Schauerhammer, qui sont des journalistes, consacrent les trois quarts de leur travail à l'analyse des données scientifiques, afin de réfuter une conviction très répandue, concrétisée par la signature du protocole de Montréal en 1987. L'entreprise est des plus vastes. Et les schémas qui l'illustrent ne sont pas du tout concluants. Les auteurs affirment que les molécules de CFC n'ont jamais été observées à des altitudes de 40 à 60 km : faux,

tous les laboratoires du monde possèdent ces mesures depuis dix ans.

Les auteurs écrivent aussi que «si les fonctionnaires internationaux comparaient les quantités de chlore issues des sources naturelles (les volcans, par exemple) et celles qui pourraient venir de tous les CFC de la Terre, ils seraient amenés à interdire les éruptions aux volcans et l'évaporation à l'eau de mer». Affirmation encore inexacte, car le chlore émis par les volcans n'atteint pas la stratosphère, donc la couche d'ozone.

On est encore plus troublé par le dernier chapitre, «Qui contrôle les écologistes ?» Pour les auteurs, ce sont les industriels. Selon eux, le Jour de la Terre, «kermesse médiatique», a été lancé, en 1970, grâce au don personnel de 200 000 dollars de Robert Anderson, à l'époque président de la société pétrolière Atlantic Richfield Company (ARCO).

Anderson présidait aussi l'Institut Aspen et était un protégé personnel de l'idéologue malthusien Robert Hutchins. Un industriel adepte de la croissance zéro, donc !

Maduro et Schauerhammer démêlent également, à leur manière, l'écheveau qui, selon eux, permet de comprendre la montée de l'écologie. Du livre de Rachel Carlson, *le Printemps silencieux*, au World Wildlife Fund, en passant par le film de Jane Fonda, *le Syndrome chinois*, la dérive écologiste serait une entreprise menée de main de maître par une poignée de multinationales.

Voilà des affirmations bien graves, et en grande partie erronées.

D. D.



## Origine et Evolution

L'Univers - La Terre

Les Animaux - Les Plantes

Flammarion, coll. "Père Castor",  
alb. coul. 40 p., 79 F chacun

Les enfants posent souvent des questions difficiles, et s'ils ne le font pas, il est utile de les inciter à le faire. Comment se reproduisent les plantes ? Quel âge a l'Univers ? Quel âge a l'atmosphère terrestre ? Qu'est-ce que l'effet Doppler-Fizeau – ou pourquoi le son produit par un véhicule qui s'éloigne paraît-il plus grave ? Ces albums sont très bien conçus pour inculquer le goût des sciences : les textes sont clairs, simples, concis, les illustrations sont superbes et de bon goût. Et bien des parents pourront ensuite les emprunter à leurs enfants.

G. M.

Alain Dunoyer  
de Segonzac

## Un conquérant sous la mer

Buchet-Chastel, 222 p., 138 F

Bernard Violet

## Cousteau, une biographie

Fayard, 344 p., 120 F

Deux livres viennent de paraître sur l'aventure sous-marine. Elle le mérite. Un troisième attend l'imprimatur. Une fois n'est pas coutume, commençons par un préambule. Dans la baie de Villefranche, en septembre 1965, Cousteau fait vivre et travailler six

*suite de la page 159*

hommes à 96 m de fond, pendant trois semaines, dans sa troisième maison sous la mer, Précontinent III.

A la même époque, aux Etats-Unis, le capitaine George Bond fait vivre et travailler trois équipes de dix hommes à 63 m de profondeur, pour l'opération *Sealab II*, sur la côte de Californie.

Entre les deux stations sous-marines, une liaison *via* satellite est préparée ; c'est l'astronaute Scott Carpenter qui doit parler. Prévue pour le 1<sup>er</sup> octobre, la liaison excite les médias, mais la communication est inintelligible. Cela n'a pas grande importance, le concept de maison sous la mer est déjà dépassé.

**En 1965, Cousteau a derrière lui vingt ans d'activités sous-marines.** Son scaphandre autonome léger (bouteilles d'air comprimé et détendeur), qu'il a mis au point avec l'ingénieur Emile Gagnan, est adopté dans le monde entier. En 1945, la Marine nationale lui a confié la mission d'organiser, avec Philippe Tailliez, le Groupe de recherches sous-marines (GERS). Il fait du déminage, inventorie avec ses plongeurs des douzaines d'épaves.

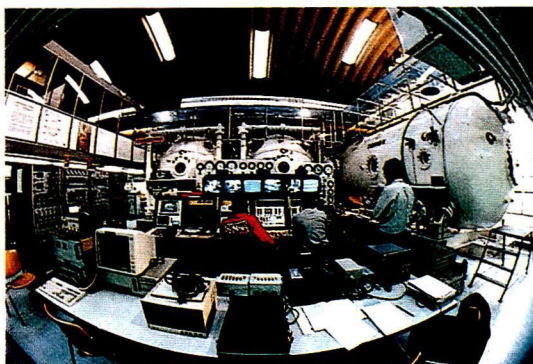
En 1950, avec l'aide de la Marine nationale, Cousteau arme

*La Calypso*. Il participe au début de l'aventure des bathyscaphes, établit un chantier d'archéologie au Grand Congloué, et crée en 1953 l'Office français de recherches sous-marines (OFRS).

Après de nombreux courts métrages, il réalise, en 1956, *le Monde du silence*, qui est un immense succès. En 1957, il quitte la Marine et devient directeur du Musée océanographique de Monaco. Avec l'OFRS sont fabriquées les soucoupes plongeantes, et expérimentés les habitats sous la mer ; Précontinent II, implanté en mer Rouge sur le récif de Shab Rumi, permet à Cousteau de réaliser son deuxième grand film, *le Monde sans soleil* (1963).

En 1965, Cousteau se pose donc en Lider Maximo, comme on disait à Cuba, du monde sous-marin.

Mais les choses changent rapidement. Le temps des mérous, des amphores et de quelques merveilleuses machines plongeantes est passé, comme est en train de le faire celui des maisons sous la mer. Le temps de l'exploitation des océans est venu. La pénétration sous la mer se fixe d'autres objectifs civils et militaires, très divers. Aux plongées dans les récifs



Jean-Albert Follis

**Centre de recherches hyperbares de la COMEX (Marseille), où, le 20 novembre 1992, le plongeur Théo Mavrostovos a travaillé pendant plusieurs heures sans aucune difficulté respiratoire ni musculaire, à moins 701 mètres, en respirant le mélange "hydrélio".**

de corail s'en substituent d'autres, moins gratifiantes, dans les barrages hydroélectriques, les eaux polluées, sous la banquise, à la recherche des hydrocarbures. Industriels et pétroliers ont entendu John Kennedy : «La science des océans n'est pas qu'un aliment pour notre curiosité, l'avenir de la race humaine en dépend», l'amiral soviétique Gorshov : «La mer profonde a une grande importance militaire», le général De Gaulle : «La mer est une source de productivité pour l'humanité.»

Les Etats se dotent de nouveaux moyens et méthodes en créant des établissements publics compétents. La science des mers, a dit Kennedy : recherche scientifique d'abord. En France, le Centre national pour l'exploitation des océans (CNEXO) est créé par une loi du 3 janvier 1967 ; le GERS deviendra le Groupe d'intervention sous la mer (GISMER) dont les travaux se développent activement en liaison avec le CERB, Centre d'études et de recherches biophysiques appliquées à la marine (à Toulon).

Cousteau est sollicité par

Yves La Prairie, patron du CNEXO. Réponse : «Je préfère rester un loup libre, plutôt que de devenir un chien domestique de l'Etat.»

**Mais un autre loup libre est entré dans la mêlée.** Il se nomme Henri Delauze. Ingénieur, il a dirigé à Cuba un grand chantier de travaux sous-marins, obtenu un Master à l'université de Berkeley, travaillé au Navy Electronic Laboratory de la US Navy. La direction du CNRS lui a confié la responsabilité technique du bathyscaphe *Archimède*. En 1961, il a fondé une petite société, la Compagnie maritime d'expertise (COMEX) ; ce qui l'intéresse dans l'aventure technologique et scientifique est la plongée humaine à grande profondeur ; il tient pour stérile la filière des maisons sous la mer et veut maîtriser la saturation en surface, avec bateau à caissons hyperbares et tourelle de plongée.

A côté des agences d'Etat de la plongée et de l'océanographie institutionnalisées s'affrontent désormais les "privés" : équipe Cousteau et équipe Delauze, sans aménité. Cette lutte ne fut connue

## institut Jean-Yves du Barré

UNE ÉCOLE AUTREMENT SUR LES MÉTIERS DE L'IMAGE, DES ARTS GRAPHIQUES

NOTRE DEVISE, DE LA PRATIQUE, ENCORE DE LA PRATIQUE TOUJOURS DE LA PRATIQUE !

STAGES PROPOSÉS (ENTRE-AUTRE) :

1. DE LA PRISE DE VUE JUSQU'À L'IMPRIMERIE (OFFSET)
2. PRÉPARATION AU CAP DE PHOTOGRAPHIE SUR 1 AN
3. DÉBUTANT, AMATEUR

4. THÉMATIQUE (TIRAGE COULEUR, N&B, ...)

5. SPÉCIALISÉ (VIRAGE, GOMME BICHROMATÉE, DIAPORAMA...)

6. CONFÉRENCES SUR LES MÉTIERS DE L'IMAGE, UNE GALERIE D'EXPOSITION EST MISE À LA DISPOSITION DES MEILLEURS ÉLÈVES ET DES PROFESSIONNELS DE LA PHOTOGRAPHIE

LA DOCUMENTATION EST DISPONIBLE SUR DEMANDE AU SECRÉTARIAT  
TEL : 42.60.06.46





W. Danc/Sesports

**Pour les archéologues du futur : vestiges de l'une des maisons sous la mer (Précontient II de Cousteau) construites à Shab Rumi, en mer Rouge, où fut tourné en 1963 le film *le Monde sans soleil*.**

en son temps que par un cercle restreint d'initiés, le grand public n'y voyant que records, histoires à la Jules Verne, spectacles.

Dans le premier de ces livres, *Un conquérant sous la mer*, Alain Dunoyer de Segonzac raconte la vie de Delauze, «plongeur-aventurier devenu capitaine d'industrie». Il a été "l'homme le plus profond du monde", à 335 m, en 1968. Grâce à lui, la pénétration humaine sous la mer a été portée en trente ans de 130 à 701 m de profondeur (20 novembre 1992).

Il a pris, avec le Dr Xavier Fructus, la tête de la recherche en physiologie de la plongée profonde et dans le secteur techno-scientifique. Luttas d'influences et conflits autour du CNEXO, de l'*Argyronète*, sous-marin crache-plongeurs, de l'AMREP, entreprise s'occupant de la fabrication des plates-formes offshore, que l'Etat chargea d'avalier la COMEX. On voit apparaître Georges Pompidou, Raymond Barre et Edith Cresson, qui prennent parti, et même Leonid Brejnev. Il flotte dans le sillage de la COMEX un parfum d'aventure qui fait penser aux grands

coureurs de mers du passé, Francis Drake, Dampier, Andrea Doria, Jean-Bart. Quand l'AMREP est envoyée par le fond, on se croirait en mer des Antilles au XVI<sup>e</sup> siècle. C'est le premier ouvrage du genre publié en France. Deux biographies de Cousteau "non autorisées" (sans l'agrément de l'intéressé) sont parues aux Etats-Unis. Celle de Bernard Violet, *Cousteau, une biographie*, est très fouillée, iconoclaste si l'on considère Cousteau comme une mère Teresa de l'écologie. Ce qui est intéressant, c'est d'apprendre dans quelles conditions le "commandant" abandonna missions scientifiques et océanographie pour choisir le cinéma, et pourquoi il alla s'installer aux Etats-Unis.

**Le 18 avril 1966, il signe un contrat de 1 600 000 dollars** pour douze films d'une heure. En 1967, nouveau contrat : 4 200 000 dollars. Cousteau conserve ses ancrages à Monaco et à Marseille, où son équipe du Centre d'études marines avancées (anciennement OFRS) travaille sur *Argyronète*. L'échec de ce projet, en 1973, pousse Cousteau vers les Etats-Unis pour une carrière ►



**D'APRES VOUS,  
COMMENT  
VOTRE VENDEUR  
PEUT-IL  
VOUS CONSEILLER  
DANS LE CHOIX  
D'UN CAMESCOPE  
A MOINS DE  
6000 FRANCS ?**

**IL LIT SCIENCE & VIE  
HIGH TECH.**

**11 CAMESCOPES  
A MOINS DE 6000 FRANCS  
AU BANC D'ESSAI.**

RÉSONNANCES Ayrer

**SCIENCE & VIE  
HIGH TECH**

**LE MAGAZINE DE L'IMAGE  
ET DU SON.**

suite de la page 161

consacrée à la télévision et à la protection de la nature. Violet accorde de nombreuses pages au financement des opérations entreprises par Cousteau, aux fonds publics qu'il obtient, jusqu'à ce que ses différends avec le Centre national d'exploitation des océans entraînent la rupture complète. Au cours des vingt années suivantes (1973-1993) Cousteau, dont les téléfilms diffusés dans cent pays obtiennent un succès mondial, devient le Français le plus connu du monde. Revenu en France, il est élu en 1987 à l'Académie française. Cette année-là est construit à Paris le Parc océanique Cousteau, grâce à la générosité de Jacques Chi-

rac. Il ouvre ses portes en juin 1989 et fait faillite en 1992. Cousteau n'aurait-il pas de chance dans l'Hexagone ? Non, deux affaires analogues pilotées par la Cousteau Society ont bu la tasse à Long Beach, en Californie, et à Norfolk, en Virginie. Echec imputable à de mauvaises conceptions. L'image du personnage charismatique au bonnet rouge n'en souffre pas. D'une certaine manière, on peut dire que le capitaine Nemo de Jules Verne triomphait dans les abîmes et échouait dans le politico-social. Le commandant a fait le contraire, renonçant à l'océanographie pour triompher dans l'appel au peuple écologique.

Jean-Albert Foix



J. Foiret, P. Brochard  
et L. Derrien

### Les Frères Lumière et le Cinéma

Michel Ellenberger  
et Eric Albert

### Les Avions de Clément Ader

Bruno Jacomy  
et Annie-Claude Martin

### Le Chariot à feu de M. Cugnot

Musée national des  
techniques/Nathan, 77 p., 38 F

**E**xcellente idée que d'initier des enfants à l'histoire des techniques en retenant leur attention sur des exemples précis. Textes courts, simples, mais riches d'astuce : le fardier de Cugnot sert d'introduction à une histoire des véhicules mécanisés, l'histoire de Clément Ader à la naissance de l'aviation...

Des hommes de la préhistoire à la description d'un orchestre, en passant par Alexandre le Grand et les Touaregs, la collection, riche de plus d'une trentaine de titres, entend aussi intéresser la jeunesse à l'histoire, aux sciences naturelles, à l'astronomie.

Des modèles du genre, que nous avons nous-mêmes lus avec plaisir.

Odile Celier

Lucien Israël

### La Vie jusqu'au bout : l'euthanasie et autres dérives

Plon, 185 p., 98 F

**C**e cancérologue doit beaucoup déranger, puisque, homme d'expérience et de terrain, il n'a jamais été consulté par personne sur la distribution des soins et la moralisation de la profession. A défaut de l'écouter, on peut au moins le lire. D'emblée, il rappelle que le rôle et le devoir du médecin consistent à être exclusivement au service des malades.

Or, depuis que des campagnes en faveur de l'euthanasie se développent aux Etats-Unis et en Europe, on a tendance, de plus en plus, au contraire, à considérer ceux-ci comme des fardeaux pour la société.

Avec, à l'appui, des arguments fallacieux ! Pourquoi prolonger les souffrances des malades alors qu'il n'existe aucun traitement pour les guérir ? Pourquoi imposer un surcroît de travail à un personnel soignant déjà débordé ? Pourquoi s'acharner sur des incurables alors que les hôpitaux manquent de lits ? Et puis, des études chiffrées n'ont-elles pas montré qu'un patient coûte plus cher à la sécurité sociale les six derniers mois de sa vie que pendant toutes les années précédentes ?

D'où la conclusion : quelles économies de souffrance, de fatigue et d'argent ne pourrait-on faire si on se résolvait à accomplir à temps le geste qui tue, comme cela se fait légalement aux Pays-Bas, et sous le manteau aux Etats-Unis. Le



## POURQUOI ACCEPTER D'ÊTRE CHAUVE ?

La chirurgie Esthétique vous permet par une technique sûre, efficace et indolore, **de retrouver définitivement vos vrais cheveux.**

Grâce à un progrès technique spectaculaire, les MICROGREFFES permettent de reconstituer la **ligne frontale de façon naturelle.**

**Clinique du Rond-Point des Champs-Élysées**  
**61, av. F.D. ROOSEVELT, 75008 PARIS**  
**43.59.49.06 / 43.59.71.63**  
**Sur Minitel : 3615 CLIFORM**

Information gratuite et documentation sur demande

NOM .....  
ADRESSE .....  
.....

SV 6-93



Pr Léon Schwartzberg y serait plutôt favorable, dans le cas où il y aurait demande d'euthanasie explicite de la part de l'intéressé.

Le Pr Israël y est résolument opposé, d'une part parce qu'il n'a jamais rencontré dans sa carrière un seul patient désirant mourir, d'autre part parce qu'il est possible de faire vivre un patient jusqu'au bout de sa vie, avec un minimum de souffrances, grâce aux analgésiques dont on dispose.

Selon notre cancérologue, «il ne faut pas seulement s'opposer à la médicalisation de l'euthanasie. Il faut guérir la société de cette tentation, qui n'est qu'un symptôme d'une maladie plus grave, plus diffuse de nos âmes». Bien qu'il se dise profondément athée, il reconnaît qu'il partage la position de l'Eglise catholique, seule autorité à l'heure actuelle à s'opposer fermement à l'euthanasie médicale. Un livre profond qui nous invite à réfléchir sur un problème qui implique l'avenir moral de notre société.

P.R.

*Ernst Mayr*  
**Darwin et la  
Pensée moderne  
de l'évolution**

Odile Jacob, 246 p., 150 F

Le 24 novembre 1859, un certain Charles Darwin publiait un ouvrage intitulé *De l'origine des espèces*. Le livre fit grand bruit, 3 800 exemplaires s'en vendirent la première année, et les seules éditions britanniques atteignirent 27 000 volumes durant la vie de Darwin (chiffres considérables pour l'époque).

Un peu plus d'un siècle plus tard, la théorie darwinienne de l'évolution est si largement admise qu'elle semble aller de soi. C'est oublier combien cette idée fut révolutionnaire en son temps, combien elle heurta les convictions religieuses et philosophiques de l'Angleterre victorienne.

Pour bien comprendre l'originalité de Darwin, il faut se replonger dans l'esprit du temps, retracer le cadre conceptuel de l'époque, et faire le point sur l'état des connaissances du moment. C'est le travail qu'a entrepris le zoologue américain Ernst Mayr avec cet ouvrage. Le point de vue de l'auteur n'est pas tout à fait neutre puisque celui-ci se trouve être l'une des grandes figures du néodarwinisme (théorie synthétique de l'évolution). Mais sa familiarité avec l'œuvre du grand naturaliste anglais le qualifiait amplement pour entreprendre cette exégèse.

Pourquoi revenir à Darwin ? «Parce que le penseur hardi et perspicace qu'il était a soulevé certaines des questions les plus profondes qui aient jamais été posées sur nos origines», répond Mayr. A preuve les vifs débats que ses travaux – et leurs nombreuses interprétations – suscitent encore aujourd'hui (voir notamment *Evolution : une théorie en crise*, de Michael Denton, Champs/Flammarion).

Attention, il s'agit dans le livre de Mayr d'épistémologie et non de vulgarisation. Mieux vaut donc, pour entreprendre cette lecture, avoir quelques rudiments de biologie de l'évolution. On les trouvera par exemple dans *l'Evolution*, de Mark Ridley (Belin, coll. «Pour la science»).

E. L. ►



# D'APRES VOUS, POURQUOI VOTRE VENDEUR MAITRISE-T-IL SI BIEN L'ACOUSTIQUE EN AUTOMOBILE ?

## IL LIT SCIENCE & VIE HIGH TECH.

EN JUIN,  
UN DOSSIER COMPLET  
" LE SON ET L'AUTO "

SCIENCE & VIE  
**HIGH TECH**

RÉSONNANCES Ayer

**LE MAGAZINE DE L'IMAGE  
ET DU SON.**

suite de la page 163

Howard Rheingold

# La Réalité virtuelle

Dunod, 400 p., 149 F

**B**ien que médiatique en diable, la réalité virtuelle n'avait jusqu'à aujourd'hui séduit aucun éditeur français. Excellente initiative de Dunod, donc, que celle de traduire le premier ouvrage américain sur le sujet, écrit par Howard Rheingold, journaliste scientifique et rédacteur en chef du fameux *Catalogue des ressources*.

La lecture de ces 400 pages suscite immédiatement deux remarques : *primo*, aucune illustration ne vient alléger ou expliciter le texte, ce qui est dommage lorsqu'on parle, entre autres, d'images. *Secundo*, ce livre aurait tenu en

250 pages si l'auteur n'avait la fâcheuse habitude de se mettre en scène et de nous décrire par le menu la couleur du ciel et de ses chaussettes lorsqu'il rencontra telle ou telle figure emblématique de la recherche. Cette tendance monomaniacale, si elle ne s'excuse pas, s'explique néanmoins par la trajectoire de l'auteur. Journaliste passionné d'informatique, il a rencontré et collaboré avec certains des visionnaires du MIT (Massachusetts Institute of Technology), de l'ARAP (Advanced Research Army) ou du Xerox Parc, qui parlaient à l'époque d'utiliser l'ordinateur comme un "amplificateur de la pensée". Il était question de nouvelles interfaces homme/machine, de langage na-

tural et de navigation dans l'univers des données. C'était le frémissement de ce qui s'appellerait plus tard la VR (*Virtual Reality*) et serait basé sur les mêmes concepts : interaction en temps réel, navigation et immersion dans un environnement virtuel, entièrement calculé par l'ordinateur. La seconde partie de l'ouvrage, intitulée «A travers le miroir de la réalité», est entièrement consacrée à cet historique. C'est passionnant et cela remet la VR à sa place, une étape majeure dans le développement de l'informatique, ou encore la mise en pratique des principes cybernétiques tels qu'ils furent envisagés dans les années soixante.

Suit un long chapitre sur les

développements en cours dans les laboratoires du monde entier : Japon, Etats-Unis et même France avec les travaux pionniers de l'ACROE de Grenoble (sur les interfaces homme/machine). Les recherches y sont évoquées plus dans l'ordre des pérégrinations personnelles de l'auteur que suivant une éventuelle classification, et les descriptions techniques sont parfois difficiles à extraire. En conclusion, il exhorte à la réflexion et à la vigilance quant aux usages futurs de la VR. Il conclut sur un questionnaire : la VR sera-t-elle une nouvelle drogue, une machine à plaisirs solitaires, l'interface d'une guerre totale sans combattants ou presque, l'œil implacable de Big Brother en-

**E=M6, dimanche à 10h30 et mercredi à 15h.**

**Si vous cherchez la science,  
vous la trouverez  
chez elle le dimanche à 10h30  
et le mercredi à 15h.**



**SCIENCE  
& VIE**

*Souriez, vous êtes sur M6.*



registrant le moindre événement, un outil d'expériences enrichissantes, une porte franchie pour une meilleure compréhension de nous-mêmes, ou un peu de tout cela à la fois ? Il nous appartient d'en décider demain, aujourd'hui, tout de suite. *Christine Tréguier*

N.B. : voir, à ce sujet, notre article "Les folies de la réalité virtuelle", p. 80.

### Jean-Jacques Aulas Les Médecines douces

Odile Jacob, 301 p., 120 F

Épineux sujet, que, psychiatre et pharmacologue, l'auteur est qualifié pour traiter. Les médecines douces, on le sait bien, c'est du vent. Et pourtant elles

marchent. Aulas l'explique.

Que ce soit du vent, de nombreux documents en attestent. Avec une patience qui, parfois, met à l'épreuve celle du lecteur averti, l'auteur reprend le dossier à zéro. Il consacre au fou Hahnemann, fondateur de l'homéopathie, plusieurs pages fort calmes, pour conclure par l'évidence. Evidence patente depuis le siècle dernier, grâce à des expériences répétées *ad nauseam*. L'acupuncture ? *Idem*. «Les essais les plus rigoureusement réalisés ne montrent aucune différence entre l'acupuncture vraie et l'acupuncture placebo.»

Le lecteur de *Science & Vie* ne sera donc pas dépaycé. Mais comment cela "marche-t-il" donc ? Comme le suggérerait l'article d'Isabelle Stengers sur

l'hypnose (dans notre n° 908, p. 76) : par l'entremise d'une mise en condition du cerveau, celle-là même qui intervient dans l'hypnose. Cela non plus n'est pas très neuf : dans les années cinquante, Bykov, élève du célèbre Pavlov, montra, chez l'animal, «qu'une altération des fonctions corticales supérieures pouvait être responsable de l'apparition de toute une série d'affections, comme l'ulcère, l'hypertension artérielle, l'asthme, etc.» Nikolaïev et Platonov guérirent par l'hypnose les vomissements de la grossesse et les irrégularités menstruelles, par exemple. Suggestion, effet placebo, qu'on appelle cela comme on voudra, là réside un territoire d'un immense intérêt.

Tout cela invite à penser que

le succès des médecines douces et les présomptions de plus en plus fondées sur le rôle du cerveau dans l'équilibre physiologique devraient d'ici peu ouvrir un nouveau chapitre de la médecine. La boîte noire de l'effet placebo aura alors été ouverte, et son contenu, lentement décrypté. Les médecines douces n'auraient alors constitué qu'une étape dans l'histoire de la médecine. Étape sans doute infestée de discours aberrants, mais paradoxalement féconde.

Le livre d'Aulas est d'une irréprochable rigueur scientifique. De plus, il est utile : aux médecins "orthodoxes" aussi bien qu'aux tenants des médecines douces. Les uns et les autres devraient y apprendre à se fréquenter. *G. M.*

## Abonnez-vous à Science & Vie



### BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner sous pli affranchi  
avec votre règlement à SCIENCE & VIE  
1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris

**OUI, je m'abonne à SCIENCE & VIE  
en cochant la formule de votre choix**

☐ CFEE **1 AN + 4 hors série (16 N°) :**  
295 F au lieu de 364 F\*

☐ CFEF **2 ANS + 8 hors série (32 N°) :**  
590 F au lieu de 728 F\*

☐ CFEB **1 AN / 12 N° : 220 F**  
au lieu de 264 F\*

☐ CFEC **2 ANS / 24 N° : 440 F**  
au lieu de 528 F

Cochez SVP \*Prix de vente chez votre marchand de journaux

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_ Ville \_\_\_\_\_

Conformément à la législation en vigueur, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification pour toute information vous concernant sur tout fichier à usage commercial de notre société.

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 1993.

ET RESERVÉE À LA FRANCE METROPOLITAINE.

ETRANGER: NOUS CONSULTER RC PARIS B 572 134 773

Vous pouvez aussi vous abonner sur Minitel en tapant 3615 ABON

SKV 909

# Science & Vie ILYA...

Par Bruno Jacquot

## ... 70 ANS

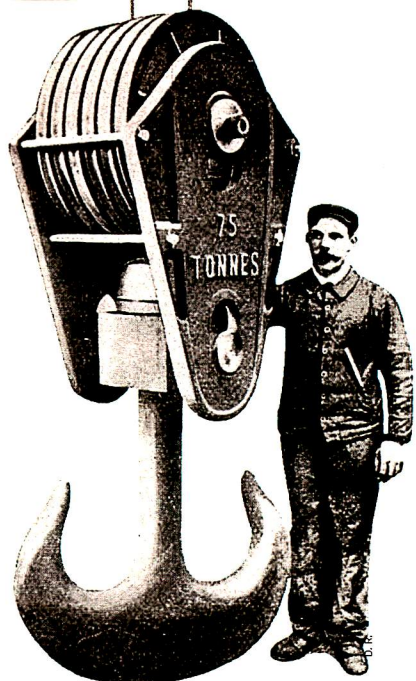


Juin 1923

«Dispositif projeté par les Américains pour le relevage des navires et des sous-marins coulés. Les énormes tenailles qui enserrant la coque du bâtiment sont actionnées par l'air comprimé.»

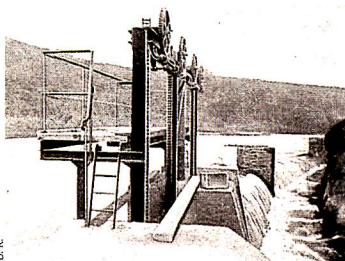
### Deux crochets simples de levage pour treuils de 75 tonnes

«Donnez-moi un point d'appui, et je soulèverai le monde, disait le grand Archimède en parlant du levier. Que dirait-il aujourd'hui en présence des engins que le génie moderne a créés et qui permettent à l'homme de soulever en quelques instants et comme une plume, par le seul fait d'appuyer sur un bouton, des masses considérables de 100, 150 et même parfois de 200 000 kg ?»

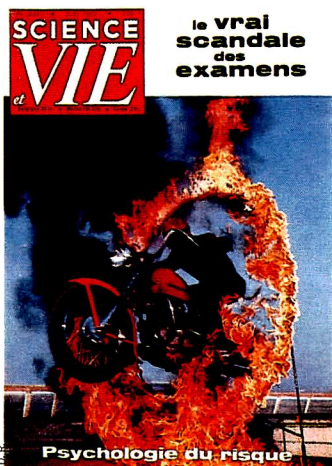


### Ce barrage ne nuit en rien au pittoresque de la vallée

«Le barrage de Belle-Isle-en-Terre, sur le Léguer, comporte une échelle à poisson. Le saumon remonte facilement cette échelle, et l'on a vu plusieurs de ces poissons sauter par-dessus le déversoir et retomber à 5 ou 6 mètres en avant dans les eaux de l'étang.»



## ... 30 ANS

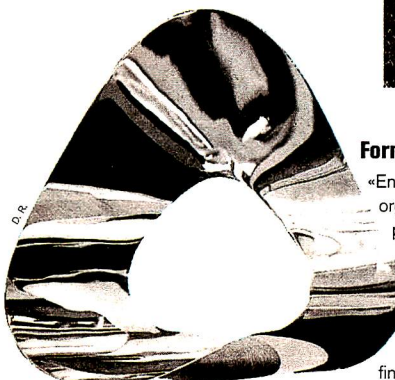


Juin 1963

«Pourquoi ce motocycliste accomplit-il un exploit dangereux autant qu'inutile ? Par goût du risque. Un goût qui répond à un besoin profond de la nature humaine.»

### Le vrai scandale des examens

«A l'heure actuelle notre enseignement accule au désespoir, à la tentative de suicide ou à l'effondrement nerveux un élève par semaine. Ce sont des chiffres officiels, même si on préfère ne pas trop les publier. Alors que non seulement le baccalauréat, mais tous les examens, chez nous, sont une pure et simple loterie.»



### Formes et mathématiques

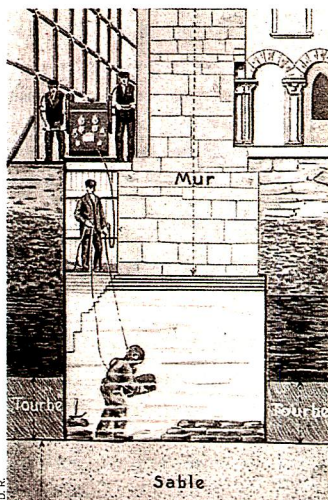
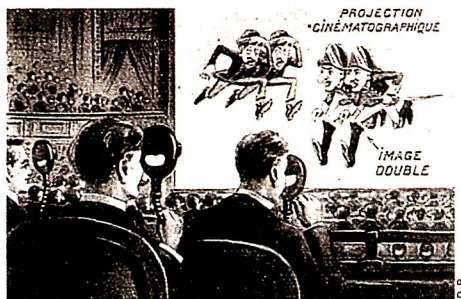
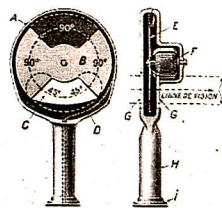
«En cette année 1963, les artistes ont organisé, au Palais de la découverte, la première exposition d'art "scientifique", Formes et Mathématiques, pour témoigner, par leurs œuvres mêmes, de la réconciliation des deux vieux ennemis irréductibles, la sensibilité et la rigueur, l'esprit de finesse et celui de géométrie.»

Anneau de Möbius, par Max Bill



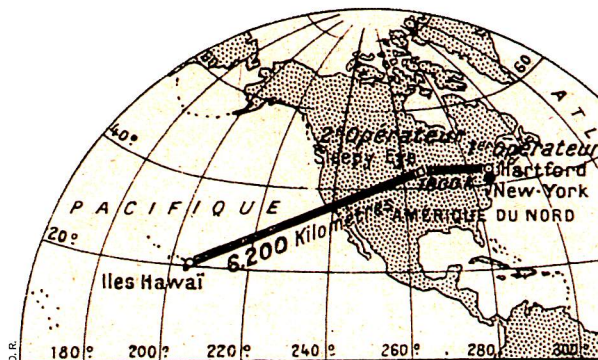
## Le cinématographe en relief

«Pour obtenir la vision stéréoscopique, chaque spectateur regarde l'écran à travers un petit appareil fixé à l'un des bras de son fauteuil : c'est le Télévue. Le spectateur eût-il regardé sans son Télévue qu'il aurait eu une image dissemblable dans chaque œil. En raison de la rotation du volet obturateur de l'appareil (1 500 tours par minute), il voit une image claire avec chaque œil, et celles-ci, combinées ensemble, produisent l'effet d'une image unique et fortement en relief.»



## Travail d'un scaphandrier sous une cathédrale

«L'emploi du scaphandre permet les travaux les plus variés dans l'eau, même celui de rebâtir en sous-œuvre les assises d'une cathédrale dont les fondations sont noyées.»



## 16 000 kilomètres en quatre minutes

«Voici le trajet effectué par un message de TSF en quatre minutes (aller et retour). Ce chiffre constitue un record pour la transmission d'amateurs ; il montre aisément ce que l'on peut attendre de la télégraphie sans fil du point de vue commercial.»

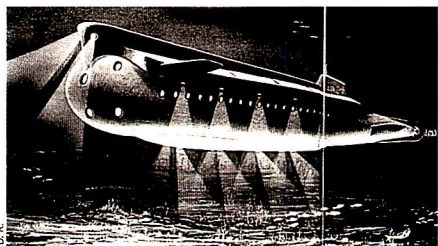
## Miracle à Milan

«Sur les places des villages, les groupes somnolents de chômeurs ont disparu, le linge tendu sur les cordes ne barre plus les venelles. Des images de puissance industrielle éclipsent ces clichés dépassés. Le miracle nous a rendu proche notre sœur latine.»



## 17 crocodiles au 3<sup>e</sup> étage

«Il y a maintenant dix ans que deux jeunes garçons de Lausanne, indifférents à la mauvaise réputation des "mangeurs d'hommes", ont choisi d'en faire leurs compagnons favoris. Le crocodile et l'homme peuvent faire bon ménage à condition que soient respectés certains rites de non-belligérance. (Eviter de caresser les côtes de l'animal : il est très chatouilleux.)»



## 100 000 touristes au fond du Léman

«Jacques Piccard veut promener dans son mésoscaphe 100 000 touristes au fond du lac Léman. Le professeur Auguste Piccard a conçu ce nouvel engin, réalisé par son fils Jacques, l'homme le plus profond du monde.»



# AGENDA

## Expositions & Evénements

● **Photofolie 93.** La fête nationale de la photographie se déroulera les 4, 5 et 6 juin, sur le thème "Ouvrez l'œil". Pour en savoir plus, appeler le Centre national de la photographie, au 1 45 35 43 03.

● **Le musée des Tumulus de Bougon** ouvre le 21 juin. La nécropole de Bougon, dans le Poitou, est l'une des plus anciennes architectures funéraires au monde. 79800 La Mothe-Saint-Héray. Tél. : 16 49 28 00 32.

● **La fête du livre et de la revue scientifiques et techniques.** Du 4 au 6 juin, à l'université de technologie, 66 avenue Landshut, 62000 Compiègne. Tél. : 16 44 23 45 10.

● **Attention ! Ils vont disparaître...** De lourdes menaces pèsent sur les espèces animales. Du 2 juin au 4 juillet, au musée Guimet d'histoire naturelle, 28 bd des Belges, 69006 Lyon. Tél. : 16 78 93 22 33.

● **Architectures de l'électricité.** Comment le développement de l'énergie électrique a influé sur l'architecture et les arts. Jusqu'au 15 octobre, à Electropolis, 55 rue du Pâturage, 68000 Mulhouse. Tél. : 16 89 32 48 60

● **Tabac stop 93,** premier salon européen d'information et de prévention sur le tabagisme. Du 4 au 6 juin, au Parc des expositions, Porte de Versailles, 75015 Paris. Tél. : 1 60 17 25 25.

### ET TOUJOURS:

**La douleur.** L'expression de la douleur, vaincre la douleur, la douleur de l'homme. Jusqu'à fin août, à la Cité des sciences et de l'industrie, 30 avenue Corentin-Cariou, 75019 Paris. Tél. : 1 40 05 80 00.

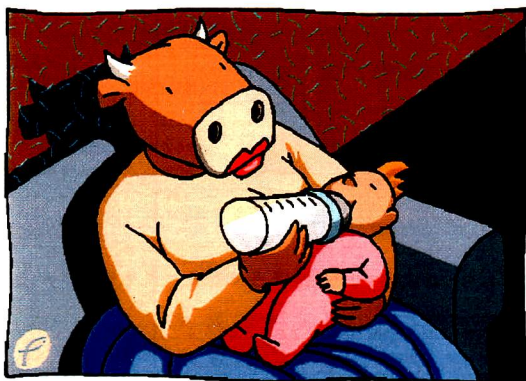
● **Le lait, la vie.** Le lait, une très ancienne histoire d'amour entre l'homme et l'animal. Exposition organisée par le Cidil (Centre interprofessionnel de documentation et d'informations laitières), du 15 juin au 2 janvier 1994, à la Cité des sciences et de l'industrie, 30 avenue Corentin-Cariou, 75019 Paris. Tél. : 1 47 34 47 19. Tous les jours sauf lundi.

● **Euro-silence 93,** premier salon industriel des techniques de réduction du bruit. Du 9 au 11 juin, au Parc des expositions,

Porte de Versailles, 75015 Paris. Tél. : 1 40 72 79 58.

● **Le mouvement, c'est la vie,** III<sup>e</sup> Festival des sciences de la Terre et de ses hommes. Du 24 au 26 juin, au Majestic, Centre de congrès, 74400 Chamonix. Tél. : 16 50 53 38 24.

● **Le croiseur lance-missiles Colbert** s'amarrera définitivement dans le port de Bordeaux. Découvrir une ville flottante et la vie à bord d'un navire de guerre, c'est possible à partir du 12 juin, au Port autonome, 33000 Bordeaux. Tél. : 1 45 54 93 48.



## Colloques & Conférences

● **Les conférences de la Sorbonne :**

– Le nouvel ordre écologique, par Luc Ferry, philosophe et professeur à l'université de Caen. Le 9 juin à 20 h, à l'amphithéâtre Descartes.

– Cosmos, le temps, l'espace, par Jean-Pierre Luminet, astrophysicien au CNRS. Le 12 juin à 15 h, à l'amphithéâtre Guizot.

– Les lois du chaos, par Ilya Prigogine, prix Nobel de chimie. Le 15 juin à 20 h, à l'amphithéâtre Richelieu.

Amphithéâtres de la Sorbonne, 12 place du Panthéon, 75005 Paris. Tél. : 1 40 07 90 90.

● **Les séances publiques de l'Institut de France :**

– Rôle de la circulation océanique dans le système climatique, par Pascale Delecluse, directeur de recherche au CNRS, le 7 juin à 15 h.

– Comportement en solution des macromolécules électriquement chargées, par Wayne F. Reed, professeur à l'Académie des sciences, le 14 juin à 15 h.

– Le rôle de la matière organique, par Bohdam Kribek, professeur à l'Académie des sciences, le 14 juin à 15 h.

Grande salle des séances, 23 quai Conti, 75006 Paris. Tél. : 1 44 41 43 68.

## A la Radio

### FRANCE-CULTURE :

● **Perspectives scientifiques.** Du lundi au vendredi, de 19 h 30 à 20 h.

– Le lundi, du 7 au 28 juin : La science sauvage, des savoirs populaires aux ethnosciences, par Ruth Scheps.

– Le mardi, du 8 au 29 juin : Le vivre et le couvert, commensalisme, mutualisme, parasitisme et coévolution, par Gilles Minot.

– Le mercredi, du 2 juin au 7 juillet : Les portes de Thanatos, par Emile Noël.

– Le jeudi, les 3 et 10 juin : La prévention des accidents vasculaires cérébraux, par le Pr Jean Bernard, avec le Pr Olivier Lyon-Caen ; les 17 et 24 juin : La carie dentaire, par Jean-Louis Binet, avec le Dr Jacques Gerval et Catherine Arthau.

– Le vendredi 4 juin : Comètes et astéroïdes, par Jean Heidmann ; les 11 et 18 juin : Le développement du langage articulé, la communication des mammifères à l'homme, par Marcel Locquin, avec Roger Saban ; les 25 juin et 2 juillet : La fin des dinosaures, par Jacques Labeyrie, avec Eric Buffetaut et Robert Rocchia.

● **La science et les hommes.**

– Le 2 juin : L'évolution de la vie, par Marie-Odile Monchicourt, avec Jean-Louis Revardel.

– Le 9 juin : Divergences, la voltige électrique a-t-elle un avenir ? par E. Noël et P. Boulanger.

– Le 23 juin : La sociobiologie, par Marie-Odile Monchicourt, avec M. Jaisson.

– Le 30 juin : La disparition des dinosaures, par Jean-Luc Barreau.

### TSF - 89.9 :

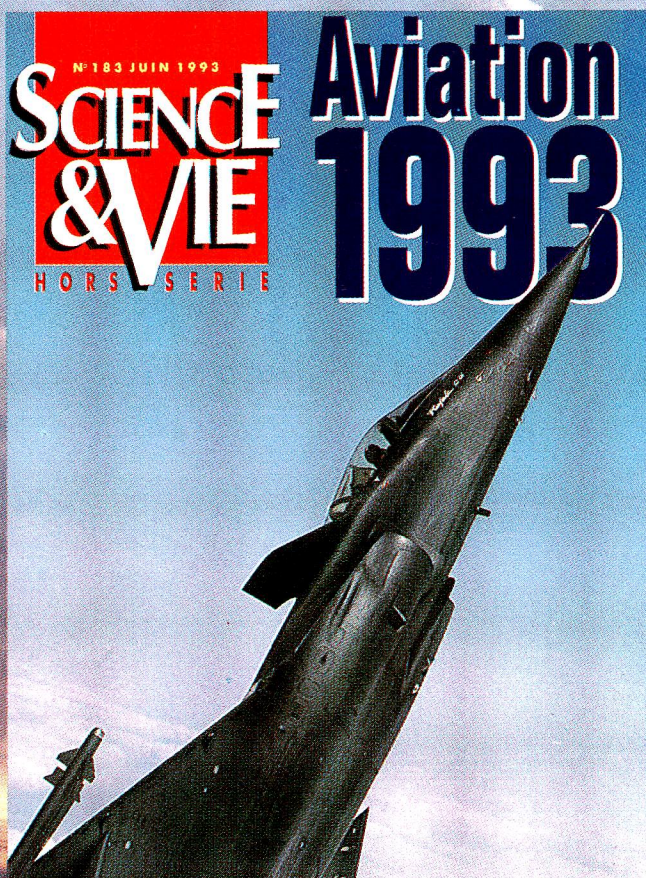
● **Effervescence,** chronique scientifique, tous les matins à 8 h 15, par J.-O. Baruch.



# AVIATION LES NOUVELLES BATAILLES DU CIEL.

Un numéro hors série de Science & Vie  
pour découvrir les nouveautés, les enjeux et les défis  
de l'aviation civile et militaire à l'aube de l'an 2000.

En kiosque le 10 juin.



**OÙ JE VAIS, OÙ JE SUIS, C'EST DANS SCIENCE & VIE.**





# LE RELAIS DE L'AMITIÉ



## Kronenbourg et Le Relais de l'Amitié\*



\*Le Relais de l'Amitié, 6 rue André Karman 93300 Aubervilliers.  
L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. A CONSOMMER AVEC MODÉRATION.